

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

TREŚĆ:

Kilka słów w obronie wzoru prof. F. Jasińskiego na ściskanie mimośrodowe, nap. Dr. W. Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

Irving Langmuir, nap. Dr. L. Wertenstein, Profesor Wolnej Wszechnicy w Warszawie.

Utwardzanie oraz nadutwardzanie stali na maszynie „cloudburst” (c. d.), nap. Inż. A. Wójcik.

Kontrola pracy turbiny z odbiorem pary, nap. Inż. H. Bock.

Przeгляд pism technicznych.

Kronika.

SOMMAIRE:

Quelques observations sur la formule de professeur F. Jasiński relative à la compression excentrique, par M. W. Wierzbicki, Dr., Ingénieur, Professeur à l'Ecole Nationale d'Agriculture.

Irving Langmuir, sa vie et son oeuvre, par M. L. Wertenstein, Dr. ès sc. Professeur à l'Université Libre de Varsovie.

Durcissement et super-durcissement des aciers sur la machine „cloudburst” (suite), par M. A. Wójcik, Ingénieur métallurgiste.

Contrôle du travail de la turbine à prise de vapeur, par M. H. Bock, Ingénieur.

Revue documentaire.
Chronique.

Kilka uwag w obronie wzoru prof. F. Jasińskiego na ściskanie mimośrodowe

Napisał Dr. inż. W. Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gospod. Wiejskiego.

Znaczna większość prętów ściskanych, wchodzących w skład poszczególnych konstrukcyj budowlanych, znajduje się pod działaniem nie ściśle osiowych sił ściskających, lecz sił zaczepionych z pewnym mimośrodem. Ponieważ mimośród sił podłużnych nie zawsze jest znany, lub też znany jest niedokładnie, często bywa on w obliczeniach technicznych pomijany, i to sprowadza zagadnienie pręta ściskanego mimośrodowo do schematu statycznego pręta ściskanego osiowo, czyli do przypadku wyboczenia.

W związku z wątpliwościami, jakie nasuwa w wielu przypadkach podobne uproszczenie schematu statycznego, zaznacza się obecnie dążenie do ujawniania w obliczeniach mimośrodu sił ściskających, czyli do obliczania prętów, jako ściskanych mimośrodowo, a nie jako ulegających wyboczeniu.

Tego rodzaju załatwienie sprawy napotyka jednak na pewne trudności. Jedną z nich następcza wielokrotnie samo ustalenie mimośrodu sił podłużnych, główna jednak polega na tem, że moment zginający w prętach ściskanych mimośrodowo zależy od ugięcia i że wobec tego nie znajduje tu zastosowania zasada superpozycji.

Ta ostatnia trudność, stanowiąca przedmiot tego artykułu, może być uwypuklona na zestawieniu następującem.

Weźmy pręt przyrząteczny, w dwóch punktach swobodnie podparty i zginany siłą skupioną P , przyłożoną w środku i skierowaną prostopadle do osi. Naprężenie normalne na krawędzi pręta w jego przekroju środkowym wyrazi się wzorem:

$$\sigma = \frac{Mz}{J} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} z, \dots \dots \dots (1)$$

gdzie z oznacza odległość krawędzi pręta od osi obojętnej przekroju poprzecznego, J moment bezwładności przekroju i l rozpiętość pręta.

Aby wymiary pręta zginanego odpowiadały roli, jaka mu została w budowlu przeznaczona, musi być spełniony warunek:

$$\sigma \leq R = \frac{1}{n} K, \dots \dots \dots (2)$$

gdzie R oznacza naprężenie bezpieczne (dopuszczalne) dla materiału pręta, n współczynnik bezpieczeństwa i K wytrzymałość materiału.

Na podstawie równań (1) i (2) otrzymujemy, że:

$$\frac{nP \cdot \frac{l}{2} z}{J} = \frac{1}{n} K, \dots \dots \dots (3)$$

czyli że w razie wyznaczenia wymiarów pręta według wzoru (2), możemy twierdzić, że pręt ulegnie złamaniu dopiero wówczas, gdy obciążająca go siła P wzrośnie n -krotnie.

Wobec tego, że zasada superpozycji znajduje w rozpatrywanym przykładzie zastosowanie i że naprężenia są do sił proporcjonalne, mamy tu jednocześnie zapewniony ten sam stopień bezpieczeństwa zarówno przeciwko osiągnięciu granicy wytrzymałości, jak i przeciwko osiągnięciu takiej wartości siły podłużnej, przy której złamanie pręta powinno nastąpić.

Rzecz ma się odmiennie, gdy chodzi o pręty ściskane mimośrodowo, a więc przede wszystkim zginane przez siły równoległe do osi.

Napężenie normalne σ obliczamy w tych wypadkach ze wzoru:

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{P(a+y)z}{J}, \dots \dots \dots (4)$$

gdzie A oznacza pole przekroju poprzecznego pręta, zaś a — mimośród, z jakim siły podłużne zostały do niego przyłożone.

Drogą całkowania przybliżonego równania osi odkształconej pręta ściskanego mimośrodowo:

$$EJ \frac{d^2y}{dx^2} = P(a+y) \dots \dots \dots (5)$$

otrzymać możemy dla ugięcia y wyrażenie:

$$y = a \left(\frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EJ}}} - 1 \right), \dots \dots \dots (6)$$

gdzie E oznacza współczynnik sprężystości przy wyciąganiu i ściskaniu.

W związku ze wzorem (6) wyrażenie (4) przybiera postać:

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{Paz}{J} \cdot \frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EJ}}} \dots \dots \dots (7)$$

Gdybyśmy w danym przypadku tylko dla naprężeń normalnych chcieli osiągnąć ten sam stopień bezpieczeństwa, co w przypadku zwykłego zginania, moglibyśmy pręt wymiarować na podstawie wzoru:

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{Paz}{J} \cdot \frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EJ}}} \leq R \dots \dots \dots (8)$$

Wzór ten jednak zawodzi, gdy nie dla naprężeń normalnych, lecz dla sił P chcemy uzyskać ten sam współczynnik bezpieczeństwa n , któryśmy mieli zapewniony przy zginaniu zwykłym. Pochodzi to stąd, że w danym razie zasada superpozycji nie znajduje zastosowania i że naprężenia normalne nie są tu proporcjonalne do sił, wywołujących zginanie pręta. Jeżeli więc we wzór (8) wstawimy zamiast P siłę n -krotnie powiększoną, to otrzymamy, że:

$$\frac{nP}{A} + \frac{nP \cdot az}{J} \cdot \frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{nP}{EJ}}} > nR = K \dots \dots \dots (9)$$

Wynika stąd, iż, aby zapewnić prętowi n -krotne bezpieczeństwo względem siły ściskającej go mimośrodowo, nie możemy dopuścić w nim naprężeń $R = \frac{1}{n}K$, lecz musimy we wzorze (8), według którego pręt wymiarujemy, umieścić mniejsze naprężenie dopuszczalne, mianowicie:

$$R_0 = \frac{1}{n_0}K, \dots \dots \dots (10)$$

gdzie $n_0 > n$.

Ponieważ współczynnik n_0 może być dla każdego pręta inny, traci więc cel wyznaczanie wymiarów pręta ze wzoru (8) i zachodzi potrzeba wyznaczenia wzoru (9) przez nadanie mu postaci równania:

$$\frac{nP}{A} + \frac{nP \cdot az}{J} \cdot \frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{nP}{EJ}}} = K \dots \dots \dots (11)$$

Rozwiązując równanie (11) względem nP , znajdujemy:

$$nP = P_{zn}, \dots \dots \dots (12)$$

gdzie P_{zn} jest pierwiastkiem równania i wyraża wartość siły P , powodującą zniszczenie pręta.

Siła P obliczona ze wzoru:

$$P = \frac{P_{zn}}{n} \dots \dots \dots (13)$$

będzie czyniła zadość warunkowi wymaganego stopnia bezpieczeństwa dla siły ściskającej.

Rozwiązywanie równania (11) wymaga znacznej nakładu pracy. Wielkie ułatwienie wprowadza tu sposób postępowania oraz wykresy, zaproponowane przez prof. M. T. Hubera¹⁾.

Powstać może pytanie, czy nie wystarczy przekonać się przy obliczeniu pręta ściskanego mimośrodowo, że naprężenia posiadają dostateczny stopień bezpieczeństwa w stosunku do wytrzymałości pręta i czy jest potrzebne wobec tego uzyskiwanie pewnego określonego współczynnika bezpieczeństwa i dla sił ściskających.

Zauważyć więc przede wszystkim należy, że dla bezpośredniej oceny bezpieczeństwa wykonanej budowlie wygodniej jest mieć obliczone dopuszczalne obciążenia, z którymi możemy porównywać obciążenia rzeczywiste, niż każdorazowo obliczać odpowiednie naprężenia.

Głównej jednak przyczyny podobnego postępowania należy dopatrywać się w dążeniu do zabezpieczenia pręta ściskanego od nadmiernego odkształcenia. Jeżeli weźmiemy wykres, przedstawiony na rys. 1, na którym krzywe II — VI wyrażają zależność między siłą ściskającą a największym ugięciem pręta dla różnych mimośrodków, to zauważymy, że krzywa, odpowiadająca danemu mimośrodkowi, wzrasta do pewnego miejsca (koło punktu o) bardzo powoli, prawie proporcjonalnie do siły P , po przekroczeniu jednak tego miejsca nagle zaczyna wzrastać szybko, osiągając wielkości bardzo znacznych nie tylko w porównaniu z wielkością mimośrodu, ale nawet w porównaniu z długością pręta.

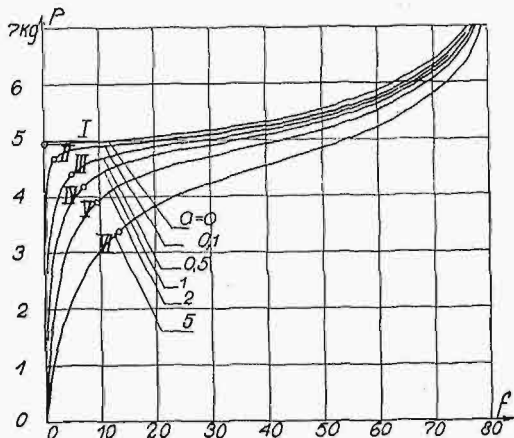
Ponieważ od każdego elementu konstrukcyjnego wymagamy pewnej sztywności, t. zn. wymagamy, aby jego odkształcenia nie przekraczały takiej wartości, któraby utrudniała mu spełnianie jego przeznaczenia, więc i w przypadku pręta ściskanego mimośrodowo wymagać powinniśmy, aby siły ściskające pręt P nie przekraczały pewnej wartości $P = P_0$, przy której odkształcenia stają się bardzo wielkie. Ta okoliczność powinna być brana pod uwagę przy ustalaniu współczynnika bezpieczeństwa dla sił P . Przy wymiarowaniu prętów według wzoru (11) nie jest ona wprawdzie brana pod uwagę w sposób wyraźny, tłumaczy się to jednak zwykle twierdzeniem, że w prętach, wchodzących w skład konstrukcji budowlanych, naprężenia normalne przekraczają granicę sprężystości już nawet przy małych odkształceniach pręta. Dla większej pewności podob-

¹⁾ Prof. Dr. M. T. Huber: „Obliczenie wytrzymałościowe prętów podłużnie ściskanych”, Przegląd Techniczny, 1928.

nego twierdzenia powinnyby zostać odkształcenia prętów ściskanych mimośrodowo obliczone dla szeregu przypadków najbardziej typowych według ścisłego równania różniczkowego:

$$\frac{EJ}{\rho} = P(a + y), \dots \dots \dots (14)$$

gdzie ρ oznacza zmienny promień osi odkształconej. Obliczenia tego rodzaju, dotąd wykonane, nie dają jeszcze dostatecznego pod tym względem materiału porównawczego²⁾.



Rys. 1.

Na tle omówionych wyżej trudności przy obliczaniu statycznym prętów ściskanych mimośrodowo powstał wzór prof. F. J a s i ń s k i e g o. Uczony ten badał zachowanie się prętów pod jednoczesnym działaniem sił podłużnych i poprzecznych oraz prętów ściskanych mimośrodowo zapomocą wzorów przybliżonych w rodzaju wzoru (6), zdawał sobie jednak sprawę z nieściśłości swych wniosków i zalecił do celów wymiarowania prętów ściskanych mimośrodowo bez dowodu wzór praktyczny³⁾:

$$\frac{P}{\alpha A} + \frac{Paz}{J} \leq R, \dots \dots \dots (15)$$

gdzie α oznacza współczynnik zmniejszający pole przekroju poprzecznego pręta ze względu na wyboczenie.

Wzór (15) był powszechnie stosowany w Rosji, a szereg inżynierów stosuje go obecnie i w Polsce. Pomimo takiego rozpowszechnienia, wzór bywał często krytykowany, przyczem zarzucano mu sztuczność oraz nadmierny zapas bezpieczeństwa i wynikająca stąd nieekonomiczność.

Mojem zdaniem, główną wadą wzoru jest brak konsekwencji, rzucający się w oczy przy zestawieniu ze sobą poszczególnych jego wyrazów. Chodzi, mianowicie, o to, że podczas gdy pierwszy dodajnik sumy zawartej w lewej części wzoru $\frac{P}{\alpha A}$ podkreśla niejako dążność do zabezpieczenia się przed zjawiskiem wyboczenia, a więc przed wygięciem pręta, drugi $\frac{Mz}{J}$ wyraża już jakby pogodzenie się ze zginaniem, jako ze zjawiskiem, które zaszło.

²⁾ Vide W. Wierzbicki: „O powstawaniu zjawiska wyboczenia”, Przegląd Techniczny, 1932.

³⁾ Przytaczam z pamięci według pracy o stateczności odkształceń, wydanej po rosyjsku około roku 1900.

Ten brak konsekwencji błędnie jednak, gdy badamy wzór prof. Jasińskiego na tle wykresów, wyrażających zależność między odkształceniami pręta ściskanego mimośrodowo, a odpowiednimi siłami.

Przypuśćmy narazie, iż mamy do czynienia tylko z prętem ściskany osiowo.

Aby pręt ten odpowiadał warunkom wytrzymałości, musi mieć miejsce zależność:

$$\frac{P}{A} \leq R = \frac{1}{n} K, \dots \dots \dots (16)$$

gdzie K oznacza wytrzymałość materiału pręta, a n współczynnik bezpieczeństwa.

Pozatem, jak wspomniano wyżej, z rys. 1 wynika, że przy pewnej wartości siły podłużnej P (wartość krytyczna P_k) pręt ściskany osiowo ulec może wygięciu i że przy $P > P_k$ ugięcia pręta wzrastają bardzo szybko, według krzywej I. Przy $P = P_k$ równowaga prostoliniowa pręta jest równowagą niestateczną. Ponieważ nie możemy dopuścić ugięć pręta ściskanego osiowo, musimy się więc zabezpieczyć, żeby siła podłużna P była dostatecznie daleka od stanu równowagi niestatecznej, czyli że powinien być spełniony warunek:

$$P \leq \frac{1}{n} P_k, \dots \dots \dots (17)$$

gdzie P_k oznacza siłę krytyczną danego pręta, lub też warunek:

$$\frac{P}{A} \leq \frac{1}{n} K_k, \dots \dots \dots (18)$$

gdzie K_k oznacza naprężenie krytyczne.

Ponieważ $K_k = \alpha K$, lub też $P_k = AK_k = \alpha AK$, gdzie α jest to ułamek właściwy, więc

$$\frac{1}{n} K_k < \frac{1}{n} K, \dots \dots \dots (19)$$

z czego wynika, że uczynienie zadość nierówności:

$$\frac{P}{A} < \frac{1}{n} K_k = \frac{1}{n} \alpha K = \alpha R \dots \dots \dots (20)$$

lub też nierówności:

$$\frac{P}{\alpha A} \leq R \dots \dots \dots (21)$$

zapewnia prętowi ściskanemu osiowo całkowite bezpieczeństwo.

Przechodzimy do ściskania mimośrodowego.

Warunek wytrzymałości pręta przybiera tu postać:

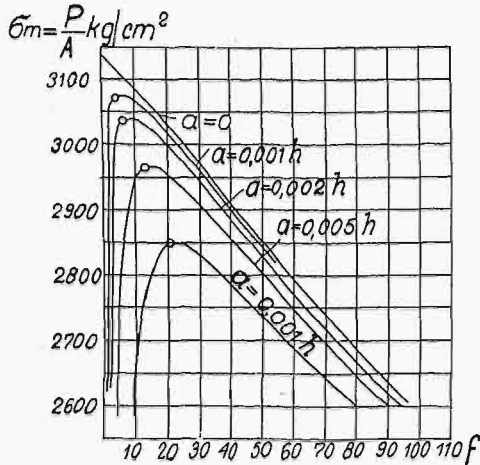
$$\frac{P}{A} + \frac{P(a + y)z}{J} < R. \dots \dots \dots (22)$$

Warunek ten, jak powiedziano wyżej, nie wystarczy do zapewnienia prętowi ściskanemu mimośrodowo bezpiecznej pracy, podobnie jak wzór (16) nie wystarcza do wymiarowania prętów ściskanych osiowo. Analogicznie więc do wzoru (17) musimy ustawić wzór, któryby dawał pewność, że siła podłużna P jest tu dostatecznie daleka od tej wartości P , przy której odkształcenia pręta ściskanego mimośrodowo zaczynają nagle wzrastać w sposób szybki (według jednej z krzywych II — VI rys. 1). Ponieważ nagłe załamanie się krzywych II — VI przy $P = P_0$, odpowiadające nagłej zmianie prawa zależności ugięć i sił, podobne jest do zmiany postaci równowagi pręta ściskanego osiowo przy $P = P_k$ według krzywej I, pozwoliłem sobie taki stan rze-

czy nazwać stanem równowagi quasi-niestatecznej⁴⁾. Aby zabezpieczyć pręt ściskany mimośrodowo od tego stanu, musimy uczynić zadość warunkowi:

$$P \leq \frac{1}{n} P_0 \dots \dots \dots (23)$$

Przy mniejszych wysmukłościach pręta $\frac{l}{r}$, którym towarzyszy już przekroczenie granicy sprężystości, rolę wykresu 1 zastępują wykresy w rodzaju przedstawionego na rys. 2.



Rys. 2.

Dzieląc obie strony nierówności (23) przez A, znajdujemy:

$$\frac{P}{A} \leq \frac{1}{n} \frac{P_0}{A} \dots \dots \dots (24)$$

Ponieważ siła P_0 stanowi tylko część tej siły, która mogłaby wywołać w pręcie naprężenia ściskające, odpowiadające granicy wytrzymałości, więc możemy przyjąć, że

$$\frac{P_0}{A} = \kappa_0 AK \dots \dots \dots (25)$$

i że wobec tego:

$$\frac{P}{A} \leq \kappa_0 R, \dots \dots \dots (26)$$

gdzie κ_0 jest to pewien ułamek właściwy, mniejszy od κ , gdyż siła P_0 jest mniejsza od siły P_k .

Dążąc do możliwie jaknajlepszemu uzasadnieniu wzoru (15), nadajemy nierówności (22) postać:

$$\frac{P}{A} \leq \frac{R}{1 + \frac{(a+y)z}{r^2}} \dots \dots \dots (27)$$

Nie możemy w danym razie zgóry powiedzieć, która z dwu nierówności (26) czy też (27) jest mocniejsza, i nie możemy wobec tego, tak jak to zrobiliśmy przy ściskaniu osiowym, zastąpić dwu nierówności, wyrażających warunki wytrzymałości i stateczności, przez jedną z nich.

Gdybyśmy zamiast nierówności (26) i (27) ustalili nierówność, zawierającą w prawej części iloczyn współczynników przy R, zawartych w prawych częściach tamtych nierówności, wówczas wzór:

$$\frac{P}{A} \leq \frac{\kappa_0 R}{1 + \frac{(a+y)z}{r^2}} \dots \dots \dots (28)$$

zawierałby wprawdzie jednocześnie i warunek wytrzymałości i zabezpieczenie pręta przed wielkimi ugięciami, ograniczyłby jednak wielkość siły P w sposób wyraźnie nieekonomiczny.

Zastępujemy więc nierówność (28) przez nierówność słabszą:

$$\frac{P}{A} \leq \frac{\kappa_0 R}{1 + \kappa_0 \frac{(a+y)z}{r^2}} \dots \dots \dots (29)$$

Nierówność (29) zawiera w sobie zarówno warunek (26), jak i (27), gdyż, z jednej strony:

$$\frac{\kappa_0}{1 + \kappa_0 \frac{(a+y)z}{r^2}} < \kappa_0, \dots \dots \dots (30)$$

z drugiej zaś, mamy:

$$\frac{\kappa_0}{1 + \kappa_0 \frac{(a+y)z}{r^2}} \leq \frac{1}{1 + \frac{(a+y)z}{r^2}} \dots \dots \dots (31)$$

Wzorowi (29) możemy nadać postać:

$$\frac{P}{\kappa_0 A} + \frac{P(a+y)z}{J} \leq R \dots \dots \dots (32)$$

Aby przejść od wzoru (32) do wzoru prof. Jasińskiego (15), pozostaje tylko zastąpić tu współczynnik κ_0 przez współczynnik κ i opuścić wyraz y. Podobna zmiana powoduje w przypadkach, mających znaczenie praktyczne, zwiększenie siły obliczonej ze wzoru (15), dochodzące do kilkunastu procentów; zmniejsza to odpowiednio nadmiar bezpieczeństwa, zawarty we wzorze (29), a wahający się koło podobnej wielkości. Pewien nadmiar bezpieczeństwa, w porównaniu do innych przybliżonych wzorów na ściskanie mimośrodowe, ma i tak jeszcze jednak naogół miejsce we wzorze Jasińskiego.

Należytej oceny wzoru Jasińskiego, opartej na ścisłym równaniu różniczkowym osi odkształconej, właściwie dokonać nie możemy, gdyż nie rozporządzamy dotąd pod tym względem dostatecznie obfitym materiałem obliczeniowym.

W dalszym ciągu przeprowadzimy tu porównanie wyników otrzymanych z jednej strony, drogą obliczenia prętów ściskanych mimośrodowo według wzoru prof. Jasińskiego, z drugiej zaś, według sposobu postępowania, zaleconego przez prof. M. T. Hubera w cytowanej wyżej pracy. Przykłady do porównania zapożyczamy tu z tej ostatniej.

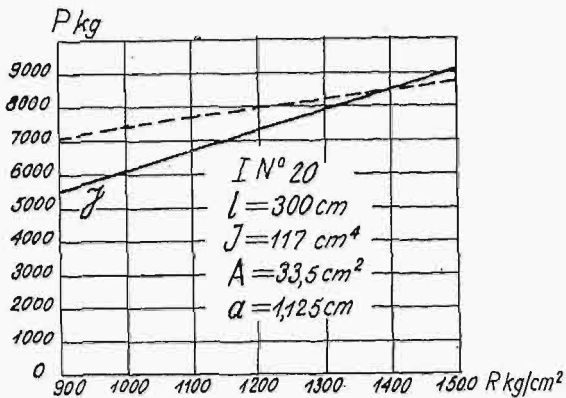
Zalecając do obliczenia prętów ściskanych mimośrodowo wzór odpowiadający, co do treści, wzorowi (11), przyjmuje w nim prof. Huber wielkość K za równą K' — naprężeniu na granicy sprężystości, utożsamiając ją w przypadku żelaza lub stali z niższą granicą plastyczności. Współczynnik bezpieczeństwa n przyjęty jest tu wobec tego za równy 2, podczas gdy w odniesieniu do wytrzymałości pręta wynosi on zwykle 4.

W obliczeniach porównawczych korzystamy ze współczynników κ zawartych w pracy prof. A. Pszenickiego w Podręczniku Inżynierskim prof. S. Bryły (współczynnik ϕ), a opartych na wzorze Tetmajera-Jasińskiego dla prętów podległych wyboczeniu. W razie przeliczenia współczynników κ dla materiałów wyższego gatunku niż te, których badanie było podstawą dla wzoru Tetmajera-Jasińskiego, należy oczekiwać powiększenia się zapasu bezpieczeństwa zawartego we wzorze Jasińskiego dla ściskania mimośrodowego.

4) Praca cytowana wyżej.

Przyjmujemy w dalszym ciągu, że naprężenia bezpieczne (dopuszczalne), wchodzące we wzór prof. Jasińskiego, stanowią połowę naprężeń na granicy sprężystości, czyli przyjmujemy tu współczynnik bezpieczeństwa w odniesieniu do granicy sprężystości K' za równy 2. Odpowiednio do tego w obliczeniach według wzoru (11) zakładamy $K=K'=nR$.

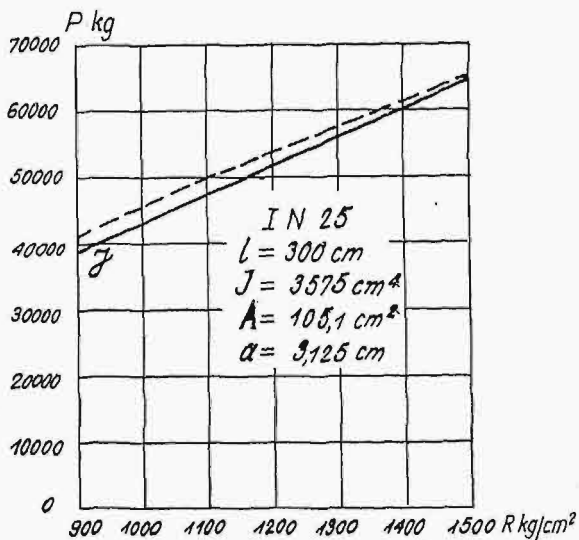
Wyniki obliczeń bezpiecznej (dopuszczalnej) siły P , przeprowadzone, z jednej strony, według



Rys. 3.

wzorów (11) i (13) (linje przerywane), z drugiej zaś według wzoru (15) (linje ciągłe), zestawione zostały dla różnych wartości R na wykresach 3 i 4, odpowiadających dwu prętom żelaznym, których charakterystyka podana jest na rysunkach.

Wyniki obliczeń porównawczych, przeprowadzonych dla pręta drewnianego wraz z jego charakterystyką przedstawione są na rys. 5. Tu rolę naprężenia K zastąpiło, w myśl obliczeń prof. Hubera,



Rys. 4.

naprężenia K_p na granicy proporcjonalności. W obliczeniach niniejszych przyjęto, iż $K_p = nR = 2,5 R$.

Wobec bardzo szczęśliwego doboru cytowanych przykładów, wykonane obliczenia pozwalają, pomimo małej liczby, na wyciągnięcie pewnych ogólniejszych wniosków.

Z wykresów widać więc, że najbliższe do siebie wyniki dają oba sposoby obliczeń w zastosowaniu do pręta o małej wysmukłości (rys. 4), przy czym różnice wyników wahają się od 0% do 6%, wyno-

sząc dla naprężeń bezpiecznych najczęściej stosowanych w budownictwie żelaznym tylko około 3%. Wynik ten jest bardzo ważny, gdyż wysmukłość $\frac{l}{r} = 60$, o którą tu chodzi, jest konstrukcyjnie żelaznych dość charakterystyczna.

Dla pręta żelaznego o dużej wysmukłości (rys. 3) największe różnice w wynikach obliczeń według obu sposobów mają miejsce dla małych naprężeń bezpiecznych i dochodzą do 0 przy $R = 1350 \text{ kg/cm}^2$.

Również wykres 5, dotyczący pręta drewnianego, wskazuje, że różnice przy obliczaniu prętów ściskanych według wzorów (11) i (15) nie są zbyt wielkie, zwłaszcza jeżeli zważymy, iż oba sposoby obliczenia są sposobami przybliżonymi. Zastrzec się należy, że przy sporządzaniu wykresu 5 uważano naprężenia bezpieczne przy ściskaniu i zginaniu belek drewnianych za równe sobie, co wpływa jednak zmniejszająco na wielkości siły P .

Po wyznaczeniu tej wartości siły podłużnej, którą pręt może unieść bezpiecznie, naogół nie mamy już potrzebny wyznaczenia działających w nim naprężeń.

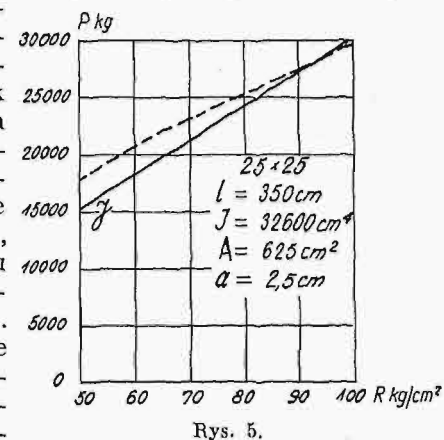
Gdyby jednak potrzebna obliczenia naprężeń zachodziła, obliczenie należałoby wykonać nie według wzoru (15), lecz według wzoru (22), choćby zakładając w nim $y = 0$. Nieuwzględnienie ugięcia w tym wypadku nie pozostaje jednak bez znaczenia, a więc w przypadku pręta o przekroju Nr. 25 mamy na przykład bez uwzględnienia ugięcia $\sigma_{\max} = 1094 \text{ kg/cm}^2$, zaś przy jego uwzględnieniu $\sigma_{\max} = 1144 \text{ kg/cm}^2$.

Na podstawie przytoczonych rozważań i obliczeń można stwierdzić, że aczkolwiek wzór prof. Jasińskiego na ściskanie mimośrodowe ustępuje zarówno co do przejrzystości, jak i logiki w budowie wzorowi (11), jednak posiada on następujące zalety:

- 1) Przez wprowadzenie współczynnika α zaznaczona jest we wzorze (15) wyraźnie dążność do zabezpieczenia się od nadmiernych odkształceń pręta.
- 2) Wzór jest wygodny do obliczeń pod względem czysto arytmetycznym.
- 3) Zawierając bezpośrednio naprężenia bezpieczne R , nie nasręcza on wątpliwości przy każdorazowym wyborze współczynnika bezpieczeństwa n .

Tablice dla wchodzącego we wzór współczynnika α są zawarte w rozpowszechnionych podręcznikach technicznych i przepisach budowlanych.

Podkreślenie powyższych zalet wzoru prof. Jasińskiego dla prętów ściskanych mimośrodowo nie ma bynajmniej na celu spóźnionej propagandy, dąży tylko do wykazania, iż stosowanie tego wzoru przez znaczny odłam polskich inżynierów znajduje wystarczające uzasadnienie i że nie powinno być przeto uważane za pewnego rodzaju szkodliwe przyzwyczajenie.



Rys. 5.

Irving Langmuir

Napisał Dr. L. Wertenstein, Profesor Wolnej Wszechnicy w Warszawie.

Irving Langmuir, zeszłoroczny laureat nagrody Nobla z chemji, jest osobistością mało znaną szerokiemu ogółowi. Naogół dzieje się tak, że najpierw zdobywa się sławę, a później nagrodę Nobla. Wyróżnienie Langmuira jest wyjątkiem, który tłumaczy się zapewne tem, że odkrycia Langmuira, choć i liczne, i doniosłe, i różnostronne, nie dają się spopularyzować w prosty sposób i dlatego nie przemawiają do ogółu.

Świat specjalistów powitał zresztą gest Akademii Szwedzkiej z całkowitem uznaniem, gdyż Langmuir jest jednym z najwybitniejszych uczonych naszych czasów. Należałoby powiedzieć więcej: realizuje on pewien ideał: niezwykle harmonijną syntezę teorii z praktyką, rzadkie połączenie w jednej osobie wynalazcy w wielkim stylu z czystej wody naukowcem. Jeżeli coraz częściej słyszy się dzisiaj zarzut, że fizycy zajmują się przekładaniem rzeczywistości na język hieroglifów, dostępnych tylko ścisłemu kółku wybranych, to Langmuir jest przedstawicielem fizyki zrozumiałej, fizyki pożytecznej, objaśniającej pewne dziedziny zjawisk w sposób tak kompletny — chciałoby się powiedzieć od a do z — że odczuwa się doń z tej racji poprostu wdzięczność.

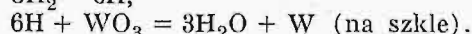
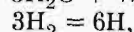
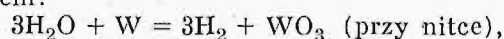
Uroku osobie Langmuira dodaje okoliczność, że nie jest on profesorem, kapłanem nauki oficjalnej, lecz współpracownikiem naukowym wielkiej firmy przemysłowej. Może brzmi to jak paradoks, ale w dobie obecnej romantyzm wygnany z uniwersytetów chroni się niejednokrotnie do laboratoriów fabrycznych.

Działalność naukowa Langmuira jest bardzo różnostronna. Można prace jego podzielić na dwa wielkie działy: prace dotyczące zjawisk powierzchniowych i prace poświęcone prądom elektrycznym w gazach i w próżni. Zacznijmy od pierwszych, co będzie zgodne zarówno z kolejnością historyczną, jak i z motywami Akademii Szwedzkiej: przecież nagroda jest z chemji, a tylko prace pierwszej kategorii mogą być zaliczane do chemicznych.

Punktem wyjścia tych prac było zagadnienie czysto przemysłowe. Langmuir zainteresował się sprawą przyczyny nietrwałości żarówek, wytwarzanych w owym czasie przez General Electric Company. Ponieważ nietrwałość polega na tem, że włókna przepalają się, jasne było, że wchodziły tu w grę reakcje wolframu z gazami, które pozostawały w bańkach żarówek, pomimo uprzedniego starannego ich wypróżniania w toku fabrykacji. Langmuir oddał się temu zagadnieniu z zapalem i przeprowadził szereg studjów nad zachowaniem się wolframu w gazach rozrzedzonych i próżni. Studja te mogą być uważane za arcywzór metody naukowej, w wynikach swoich należą do najpiękniejszych zastosowań atomistyki, gdyż Langmuir dociera aż do samego podłoża atomistycznego wszystkich tych reakcyj i daje ich dokładny opis i charakterystykę matematyczną. Możliwość doprawdy ten zbiór prac nazwać epopeją wolframu.

Mimochodem tylko zauważymy, że w związku z temi badaniami Langmuir wynajduje potężną

pompę próżniową t. zw. kondensacyjną, która w niezliczonych modyfikacjach używana jest obecnie we wszystkich laboratorjach świata. Związek polega na tem, że jedną z domniemanych przyczyn psucia się żarówek miała być niedostateczna próżnia w bańkach. Ale niebawem okazało się, że „to nie to”, ciemnienie szkła baniek, czyniące żarówki niezdatnymi do użytku, występowało w żarówkach najstaranniej nawet opróżnionych. Langmuir dowiódł, że ślady ewentualnie zostawionego gazu mogą dawać zaciernienie bardzo nieznaczne. Tlen daje z wolframem lotny tlenek WO_3 , azot łączy się z atomami parującego wolframu na związek WN_2 , stąd wynika, że oba te najpospolitsze gazy, o ile istnieją w śladach, mogą conajwyżej związać pewną część wolframu nitki i na tem rola ich powinna się zakończyć. Prawdziwym śmiertelnym wrogiem żarówek jest — para wodna. Nawet ślady pary wodnej wystarczą do tego, by „przegryźć” nitkę, gdyż sposób działania pary wodnej na wolfram jest, jak to wykazał Langmuir, bardzo szczególny: para wodna nie zużywa się przytem, lecz odgrywa rolę jakgdyby czynnika, przenoszącego wolfram z nitki na szkło. Mianowicie w temperaturze swego żarzenia wolfram rozkłada parę wodną, uwalniając wodór i tworząc lotny tlenek wolframu, który paruje i osiada na szkłe. Pochodzący z rozkładu wodór ulega w zetknięciu z drutem dysocjacji na wodór atomowy, ten zaś posiada powinowactwo do tlenu o wiele większe niż wodór zwyczajny. To też wodór atomowy „redukuje” osadzony na szkłe tlenek wolframu, odtwarzając parę wodną i zamieniając tlenek na metal. Możemy ten cykl przedstawić następującym wzorem:



Jedynym skutkiem procesu jest zatem osadzenie pewnej ilości metalicznego wolframu na szkłe. Jasne jest, że zjawisko to trwać może bez przerwy aż do rozerwania się włókna wskutek nadmiernej jego cienkości. Para wodna, która dokonała dzieła tego zniszczenia, pozostaje w ilości niezminionej.

Głównym celem tego artykułu jest przedstawienie naukowych odkryć Langmuira. Jednakże jesteśmy obecnie w sytuacji wędrowca, przed którym odślania się piękny widok, nęcący go do zboczenia z wytkniętej drogi. „Epopeja” wolframu, którą przed chwilą podaliśmy w streszczeniu, jest przedmową do innego, niemniej wielkiego dzieła, tym razem treści przemysłowej: odkrycia żarówki oszczędnościowej. Trudno oprzeć się pokusie poświęcenia kilku słów temu odkryciu.

Dla usunięcia pary wodnej z baniek żarówkowych nie wystarcza samego tylko działania, choćby najpotężniej działających, pomp próżniowych. Powierzchnie ciał stałych, a w szczególności powierzchni szkła, pokryte są warstwą gazów, w stanie, którego nie możemy nazwać ani stałym, ani ciekłym, ani gazowym; mówimy, że są to gazy

a d s o r b o w a n e. W próżni warstwa adsorbowana odrywa się od podłoża, „paruje”, wypełnia wnętrze gazem adsorbowanym. Tę „desorpcję” przyspiesza wzrost temperatury naczynia, dlatego żarówka świecąca, rozgrzana „gazuje” silniej, niż zimna. Do gazów adsorbowanych zaliczyć również należy parę wodną, która zwłaszcza przez szkło bywa adsorbowana w tak wielkiej ilości, że, gdy mowa o gazach wydzielanych podczas adsorpcji, mamy prawie zawsze na myśli głównie parę wodną. Zanim żarówka stanie się zdolna do użytku, trzeba proces desorpcji przyspieszyć, aby szkło oddało całą swą zawartość pary wodnej. W tym celu bańki podczas pompowania zagrzewa się do wysokiej temperatury (około 400°C). Langmuirowi i jego współpracownikom zawdzięczamy cały szereg ciekawych prac o tem wydzielaniu gazów przez szkło; badania te wiążą się z poprzednio opisanymi, jak wniosek z przesłanką, stanowią bezpośrednio po nich następujące ogniwo tego samego łańcucha. W wyniku tych badań Langmuir nauczył siebie i przemysł przyrządzania baniek wolnych od pary wodnej. Wówczas sądził, że sprawę trwałości żarówek rozwiązał definitywnie. Jednak i te dobrze przyrządzone żarówki czerniały, zwłaszcza, gdy próbowano rozświetlać je silniejszym prądem. Po przestudowaniu i usunięciu wszystkich przyczyn powstawania nalotu, pozostawała jedna tylko, zwyczajne parowanie wolframu, spowodowane jego niezmiernie wysoką temperaturą. Wydawało się, że na tę przyczynę nie może już być sposobu, że osiągnięto kres sprawności żarówek, poza który nie można się posunąć. Było to z punktu widzenia przemysłowego tembardziej irytujące, że właśnie w podniesieniu temperatury włókna widziano drogę do dalszego udoskonalenia żarówki. W istocie, im nitka jest gorętsza, tem świetniejszy jej blask; co jednak ważniejsze, tem większa jej jasność przy tym samym wydatku energii elektrycznej. Parowanie włókna zdawało się niweczyć nadzieje, związane ze wzmocnieniem żarzenia wolframu. A jednak rozwiązanie zostało znalezione: stanowi je tak zwana „półwatówka”, czyli żarówka z krótką skręconą w spiralę nitką, wypełniona gazem szlachetnym (argonem). Nie możemy tu podawać wszystkich etapów rozumowania i eksperymentowania, które poprzedziły narodziny tego wielkiego wynalazku Langmuira. Istotą pomysłu jest po pierwsze to, że prędkość parowania wolframu jest mniejsza w gazie szlachetnym pod wysokim (zbliżonym do atmosferycznego) ciśnieniem, niż w próżni, a po drugie, że nitka o formie spiralnej traci stosunkowo mniej ciepła przez prądy rozgrzanego gazu (konwekcję) niż nitka prosta. Ten ostatni czynnik jest niezmiernie ważny, gdyż inaczej korzyść z wprowadzenia do bańki gazu byłaby bardzo problematyczna, a może nawet okazałaby się w rzeczywistości wadą: z powodu wzmoczonej straty ciepła przez konwekcję. Jednak dzięki formie spiralnej strata ta jest mała, i dlatego żarówka zbudowana w ten sposób zużywa mniej energii na tę samą liczbę świec, co żarówka dawnego typu.

Czytelnik wybaczy nam tę dygresję, po której wrócimy do głównego szlaku. Szlak ten prowadzi przez adsorpcję gazów. To ciekawe zjawisko zajęło teraz całą uwagę Langmuira. Jasne

było dla niego, że powierzchnia ciała stałego wywiera jakieś siły przyciągające na cząsteczki gazu.

Było ono zresztą znane i dawniej. Uczniowie zauważyli, że do powierzchni ciał stałych zawsze przylega nieco gazu. W doskonałej próżni ciało gaz ten oddaje, w obecności gazu — chłonie go. Ta chłonność jest oczywiście tem większa, im większa jest powierzchnia ciała, i dlatego substancje bardzo drobno rozproszkowane, albo porowate, chłoną, adsorbują bardzo silnie. Do takich substancji należy węgiel ze skorupy orzecha kokosowego, lub t. zw. węgle aktywne, które w niskich temperaturach zachowują się poprostu jak pompy próżniowe. Gazy adsorbowane są w różnym stopniu, naogół tem większym, im większa jest łatwość, z jaką ulegają skropleniu. Ta okoliczność, jak również fakt, że adsorpcja wzrasta szybko (podobnie jak skłonność do skraplania się) w miarę jak temperatura spada, stanowiły punkt wyjścia t. zw. termodynamicznej teorii adsorpcji (Polanyi). Według tej teorii, siły przyciągania, wywierane przez ciało stałe na gaz, sprawiają, że gaz zagęszcza się przy jego powierzchni, podobnie jak atmosfera ziemska wskutek przyciągania jej przez ziemię posiada w danym punkcie ciśnienie tem większe, im punkt ten leży bliżej powierzchni ziemi. Rzecz prosta, w porównaniu tem należy pamiętać o tem, że „atmosfera” adsorpcyjna ma grubość niedostrzegalną — zapewne mniejszą od mikrona. Gdy temperatura jest bardzo niska, niższa od krytycznej, ciśnienie w warstwie adsorpcyjnej może przekroczyć wartość ciśnienia nasyconego danego gazu; wówczas gaz skrapla się, pokrywając ciało niewidoczną warstwą cieczy. Widzimy zatem, że według teorii termodynamicznej warstwa adsorpcyjna, choć niezmiernie cienka w naszej skali, ma jednak w skali molekularnej grubość dość znaczną, t. j. składa się na nią wiele warstw cząstkowych, ułożonych jedna na drugiej. To założenie wydawało się konieczne dla zrozumienia zadziwiająco wielkiej chłonności niektórych ciał, np. węgla kokosowego. Ale prace Langmuira dowiodły, że tak nie jest; warstwa adsorpcyjna jest najczęściej monomolekularna, t. j. składa się z cząstek leżących obok siebie, nie na sobie. Doszedł on do tego poglądu zarówno na podstawie doświadczenia, jak i rozumowania. Nauka opiera się na analogjach, ale istotnych, nie pozornych. Langmuira uderzyła niestosowność analogji, na której opierała się teoria termodynamiczna. Skorupa ziemską ciągnie ku sobie i zagęszcza atmosferę w swem pobliżu dlatego, że siły grawitacyjne są czynne w każdym wyżej lub niżej położonym punkcie atmosfery. Natomiast te siły przyciągania, które wiążą cząsteczki gazu na powierzchni adsorbenta, są siłami chemicznymi. Ich zasięg jest niezmiernie mały, nawet w skali molekularnej. Cząsteczka gazu, która osiadła na powierzchni, zasłania obszar przez siebie pole, czyni je niezdolnym do dalszej adsorpcji. Przybyła tam na ządanie sił adsorpcyjnych, ale zarazem nasycała je, nie pozwalała im przeniknąć poza siebie, przyciągnąć inne cząsteczki. Oto jest w kilku słowach słynna teoria Langmuira warstwy monomolekularnej. Langmuir dowiódł zresztą bezpośrednio jej słuszności, co-prawda w przypadku adsorbentów stałych, takich

jak szkło lub mika. Później przekonano się, że warstwa monomolekularna łumaczy nawet „żarłoczną” chłonność węgla kokosowego. Oczywiście substancja ta posiada niesłychanie wielką powierzchnię czynną, np. 100 m² na 1 g. Jak wszystkie teorie, tak i teoria Langmuira zna wyjątki: adsorpcja pary wodnej na szkle napewno nie ogranicza się do utworzenia warstwy monomolekularnej. Mimochodem zauważymy, że ten najpospolitszy przypadek adsorpcji nie jest dotąd należycie wyjaśniony.

Jedną z najbardziej pociągających stron teorii Langmuira jest to, że ukazując nam w całym nowym świetle zagadnienie własności powierzchniowych. Już dawniej wiadano, że te własności są zmienne i kapryśne; nie rozumiano tych „humorów” ciała stałego. Dziś wiemy, że ciało stałe ma usposobienie dość „stałe”, o ile ma własną naturalną „cerę”, ale najczęściej pokryte jest „kremem” warstwy monomolekularnej obcego ciała, która wywiera decydujący wpływ na własności powierzchniowe. Jednym z najlepszych przykładów jest emisja elektronów w wysokiej temperaturze z powierzchni metali, a w szczególności wolframu. Wartość tej emisji wzrasta nadzwyczaj szybko wraz ze wzrostem temperatury, np. w przypadku czystego wolframu wynosi 10⁻⁹ amp/cm² w temperaturze 1000°, w temperaturze zaś 2500° 10 amp/cm². Gdy porównamy emisję różnych metali w tej samej temperaturze, stwierdzamy, że zależy ona od pewnej własności powierzchniowej, zwanej *pracą wyjściową*: jest to praca, jaką wykonać musi elektron, by przebić się poprzez powierzchnię na zewnątrz. Niewielkim różnicom tej pracy, którą wyznaczamy zazwyczaj w voltach, odpowiadają olbrzymie zmiany emisji w stosunku 1:100 000. Badania Langmuira i jego współpracowników ustaliły w sposób niezbity, że praca wyjściowa jest własnością powierzchniową, zależną w wysokim stopniu od natury warstwy monomolekularnej, złożonej na powierzchni. Słynne są prace Langmuira, dotyczące wolframu, zawierającego domieszkę toru, oraz wpływu cezu na emisję wolframu. We włóknach wolframowych, zawierających ślady tlenku toru, w wysokich temperaturach powstaje tor metaliczny (przez redukcję tlenku); dopóki tor ten rozpuszczony jest niejako we wnętrzu metalu, praca wyjściowa, a wraz z nią i emisja pozostają bez zmiany. Niebawem jednak atomy toru wydostają się na powierzchnię, obsadzają ją warstwą monomolekularną, wówczas praca wyjściowa spada o blisko 2 volty, emisja wzrasta z górą milion razy. Doświadczenia z cezem są jeszcze bardziej efektowne. Jest to metal dość lotny, np. w temperaturze 60°C para posiada już małą, lecz łatwo dającą się stwierdzić prężność. W bańce próżniowej, zawierającej druć wolframową, umieszczamy (w odnodze) małą ilość cezu. Para cezu jest silnie adsorbowana przez wolfram; wystarcza cez lekko podgrzać, a para ta osiąga dostateczną gęstość, by utworzyła się z niej przez adsorpcję na wolframie warstwa monomolekularna. Zdolność emisyjna tak potraktowanej nitki osiąga wartości niezmiernie wielkie, nawet w temperaturach względnie niskich.

Niewątpliwie prace te stały się punktem wyjścia licznych prób technicznych, zmierzających do udoskonalenia lampki katodowej. O ile mi wiado-

mo, ani włókna torowe, ani bańki z parą cezu nie znalazły bezpośredniego zastosowania w wypadkach istotnie praktycznych; jednakże niewątpliwie radjotechnika zawdzięcza sposób przyrządzania źródeł emisji elektronowej w nowoczesnych oszczędnościowych lampkach katodowych w znacznej mierze ideom i metodom Langmuira. Przypomnienie tych zasług Langmuira na polu radjotechniki pozwala mi przejść do drugiej wielkiej dziedziny jego odkryć: *zjawisk prądu elektrycznego w próżni i gazach bardzo rozrzedzonych*. Znaczenie tych odkryć dla radjotechniki i wogóle dla elektrotechniki jest bardzo wielkie.

W doskonałej próżni emisja elektronowa uwarunkowuje prąd elektryczny, którego wielkość — jak wiemy — zależy od temperatury metalu, wysyłającego elektrony. Oczywiście, prąd ten może płynąć od katody do anody, katodą musi być rozżarzony metal. Natężenie prądu zależy w charakterystyczny sposób od napięcia. Gdy napięcie jest dostatecznie wielkie, prąd jest „nasycony”, jego wartość zależy tylko od temperatury. Jeżeli jednak napięcie jest małe, np. rzędu 10 voltów, wówczas prąd elektronowy nie wzrasta nieograniczenie wraz ze zmianą temperatury, lecz począwszy od pewnej temperatury wogóle przestaje się zmieniać. Jest to zjawisko naprawdę bardzo dziwne, bo przecież metal dostarcza, w miarę jak go bardziej rozżarzamy, coraz więcej elektronów, a anoda nie jest w stanie ich pochłoniąć. Jeżeli poprzednio mówiliśmy o prądzie nasyconym, to w zastosowaniu do obecnego zjawiska, wypadałoby może mówić o „nasyconej anodzie”. W rzeczywistości jednak, jak to pokazał Langmuir, nasycona jest nie anoda, lecz przestrzeń między anodą i katodą. Gdy źródło, t. j. katoda, wydziela elektrony bardzo obficie, a pole elektryczne nie jest dość silne, wówczas pole nie nadąża niejako za produkcją i nie spełnia należycie swej funkcji przepędzania elektronów od katody do anody. Tworzy się zator, powstaje obłok „elektronowy”, ładunek przestrzenny ujemnego znaku, który paraliżuje działanie pola, gdyż ładunki ujemne obniżają potencjał w przestrzeni między anodą i katodą. W szczególności może się zdarzyć, że tuż przy katodzie potencjał jest niższy od potencjału katody; wówczas w okolicy katody powstaje pole odwrotnego znaku, które przeszkadza, zamiast ułatwiać, dostarczaniu elektronów do anody. Znaczna większość elektronów nie przejdzie przez tę zaporę i zawróci do katody; te tylko elektrony zdołają się przedrzeć poza nią (i dalej już podążać ku anodzie z pomocą pola), które posiadają dostatecznie wielką prędkość początkową. Oto przyczyna, która sprawia, że prąd może być mały, choć emisja jest wielka.

Ta teoria ładunku przestrzennego panuje nad całą dziedziną zjawisk prądu elektrycznego w próżni, jak i w gazach bardzo rozrzedzonych. Znajduje zastosowanie nie tylko w aparatach opartych na efekcie termionowym (t. j. emisji przez rozżarzone metale), ale również i w komórkach fotoelektrycznych. Dostarcza ścisłych podstaw do obliczania napięć, do projektowania kształtu elektrod w lampkach katodowych i komórkach fotoelektrycznych, wskazuje, jak można osiągnąć znaczne korzyści przez wprowadzenie do

danego aparatu próżniowego bardzo małej ilości gazu (najczęściej szlachetnego). Gaz pod bardzo małym ciśnieniem nie wywiera żadnego wpływu na przewodzenie elektryczności, dopóki napięcie jest tak małe, że rozpędzone w niem elektrony nie zdobywają energii dostatecznej do zjonizowania atomów gazu; gdy jednak napięcie wzrośnie tak, że elektrony zaczynają jonizować, wówczas część atomów gazu zamienia się na jony dodatnie, które kompensują nabój ujemny obłoku elektronowego. Obłok przestaje hamować emisję, prąd elektronowy wzrasta raptownie.

„Obłok elektronowy” wydaje się pojęciem bardzo abstrakcyjnym; można by sądzić, że jest to koncepcja matematyczna, której nie odpowiada żadne zjawisko rzeczywiste. Ale Langmuir, choć świetny matematyk, ani na chwilę nie opuszcza gruntu doświadczalnego. Obłok elektronowy nie jest dla niego fikcją, lecz skupieniem elektronów, analogicznym do skupień cząsteczek innych gazów, jest jakby sam gazem nowego typu, gazem elektronowym. Podobnie jak gaz elektronowy, istnieć może gaz jonowy, obłok naboju dodatniego; może również istnieć mieszanina tych obu gazów. Mieszanina taka powstaje zawsze, gdy prąd elektronowy płynie nie w próżni, lecz w gazie rozrzedzonym, gdyż elektrony wytwarzają wtedy jony, o ile oczywiście mają dostateczną prędkość. Langmuir wraz ze współpracownikami poświęcił wiele pracy zbadaniu „mieszanego obłoku elektronowego”. Obłok taki powstać może, rzecz prosta, w tym tylko przypadku, gdy powstające w gazie naboje nie są dość szybko usuwane, gdy zatem napięcie jest zbyt małe lub natężenie prądu zbyt wielkie. Tworzy się on zwykle w okolicy anody i czasem wypełnia rurę, w której zachodzi wyładowanie, na dość znacznej długości. Jest to bardzo ciekawy ośrodek, gdyż pomimo skomplikowanych elektrycznych własności jest pozornie elektrycznie obojętny: jony i elektrony znajdują się w nim w ilości niemal równej. Langmuir nazwał obłok tego typu „plazmą”, może dlatego, że jest ruchliwy, bezkształtny, zdolny do rozlicznych funkcji — podobnie jak plazma roślinna lub zwierzęca. Badania Langmuira wyjaśniły całkowicie warunki równowagi plazmy. Zauważmy mimochodem, że badania te nie mogą być bez znaczenia dla astrofizyki, gdyż wnętrza gwiazd są też „plazmami”, mieszaninami jonów i elektronów. Jony plazmy powstają wskutek zderzeń cząsteczek gazu i elektronów, rozpędzonych w polu elektrycznym. Początkowe prędkości elektronów są skierowane wzdłuż pola; jednak wskutek zderzeń ruchy stają się bezładne, podobnie jak ruchy cząsteczek gazu, i możemy mówić o temperaturze gazu elektronowego. Temperatura ta jest niezmiernie wysoka, waha się zależnie od ciśnienia i natury gazu od kilku do kilkudziesięciu tysięcy stopni. Powstające w zderzeniach jony nie zdobywają w pierwszej chwili większej energii kinetycznej, to też wewnątrz plazmy „temperatura” jonów nie wiele różni się od temperatury elektronów. Tak więc plazma ma tę ciekawą własność, że nie po-

siada określonej temperatury, lecz różne temperatury różnych swoich składników. W plazmie istnieje zawsze pewien nadmiar naboju dodatniego, gdyż ruchliwe elektrony wymykają się z niej częściowo. Nazewną plazmą, np. na ściankach okalającej ją rury, przeważa nabój ujemny. Przestrzeń między plazmą a tą strefą naboju ujemnego Langmuir nazywa naskórką plazmy. Naskórek składa się przeważnie z jonów dodatnich, wrywanych z plazmy przyciąganiem strefy ujemnej. Jak dalece te nazwy: plazma i naskórek są realne, świadczy o tem fakt, że można je rozróżnić okiem: plazma, wskutek wielkiej koncentracji elektronów, jonizujących i wzbudzających atomy gazu, jest zazwyczaj świecąca, naskórek zaś dodatni — ciemny. Znany jest dobrze wygląd wyładowania elektrycznego w gazach rozrzedzonych; w wyładowaniu tem rozróżniamy dobrze odgraniczone od siebie strefy jasne i ciemne, noszące nazwy: poświaty katodowej, ciemni Crookesa, ciemni Faradaya i t. d. Langmuir dowiódł, że okolice jasne w wyładowaniu są miejscami, w których zbiera się plazma, natomiast przestrzenie ciemne są w wielu przypadkach typowymi naskórkami.

W powyższym szkicu przedstawiliśmy niektóre tylko momenty twórczości naukowej Langmuira. Nawiązując do uwag wypowiedzianych we wstępie, pragniemy raz jeszcze podkreślić, że twórczość ta jest przykładem niezwykle rzadko spotykanej harmonii między teorią a życiem, między nauką czystą a stosowaną. Niewątpliwie, gdy sięgamy do podstaw psychologicznych nauki, dostrzegamy w niej dążenie ludzkości do opanowania sił przyrody w celach gospodarczych — w najszerszym znaczeniu tego słowa.

Pierwotna funkcja społeczna uczonego polega na tem, że jest doradcą ludzkości w sprawach technicznych. Ale ta rola jest wyraźna tylko w społeczeństwach pierwotnych, w początkowych stadiach rozwoju techniki. Dzisiaj do gabinetów i laboratoriów nie dochodzą odgłosy walki o byt; uczeni nie szukają sposobów zaspokajania doraźnych potrzeb. Kapłani egipscy byli zarazem inżynierami; uczeni naszej epoki są najczęściej tylko kapłanami „czystej” nauki. Analiza psychologiczna wykryje może w dążeniu do poznania natury pierwiastek utylitarny; my nie chcemy posuwać się tak daleko. Stwierdzimy tylko, że ogół zrezygnował niejako z użyteczności uczonego i nauki; „uczony” w jego pojęciu — to istota typu Einsteina lub Rutherforda, twórca rzeczy wzniosłych, nieprzystępnych i... nieprzydatnych. I dlatego zjawianie się od czasu do czasu postaci takich, jak Langmuir, ma znaczenie przypomnienia odwiecznego związku między nauką a życiem. Langmuirowi dane było połączyć poezję z prozą codziennego korzystania z jej owoców; uczynić naukę służką razem i królową.

Nie jest możliwe, ani nawet może wskazane, by wszyscy uczeni poszli śladami Langmuira, ale realizacja pewnego ideału w sposób wyjątkowo harmonijny jest rzeczą radującą umysł w epoce, której właśnie najbardziej brak harmonii.

Utwardzanie oraz nadutwardzanie stali na maszynie „cloudburst”^{*)}

Napisał Inż. A. Wójcik.

c) Utwardzanie stali niehartowanych i nadutwardzanie stali azotowanych.

Zasadniczym celem badań było stwierdzenie dokładne, w jakim stopniu można podnieść twardość stali węglistej, azotowanej, przez bombardowanie kulkami.

Badanie podzielono na 4 części: 1) wyznaczenie związku między próbą utwardzania na czas, t. j. maximum twardości wywołanej wahadłem Herberta, a utwardzeniem osiągalnym przy pomocy maszyny „cloudburst”; 2) wyznaczenie wpływu czasu utwardzania (ilości uderzeń) na stopień utwardzenia; 3) określenie wpływu wysokości opadu kulek na stopień utwardzenia; 4) określenie wpływu czasu i wysokości opadu na zmniejszenie wymiarów.

Do badań wzięto ogółem 12 gatunków stali, azotowanych w temperaturze 500° i 540°C przez 35 godzin, w różnym stanie obróbki termicznej po azotowaniu, mianowicie wyżarzonych i hartowanych od temperatury azotowania. Te ostatnie były znowu w różnym stanie starzenia się, mianowicie poddane starzeniu się naturalnemu i sztucznemu w temperaturze 40°, 60°, 80°, 100°, 150°, 200° i 250°C^{s)}.

Pozatem, aby dowieść, że obróbka gradem kulek nadaje się tylko do nadutwardzania, poddano bombardowaniu kulek te same stale nieazotowane, a więc o twardości małej, wahającej się od 130 do 300 jedn. Brinella. Przed poddaniem tych stali bombardowaniu kulek zbadano szczegółowo ich podatność do utwardzania wahadłem Herberta. Wyniki badań wszystkich stali azotowanych (500°C, 35 godz., hart. po azotowaniu) zawiera tabela 5. Do

TABELA 5.

Podatność do utwardzenia stali nieazotowanych.

Nr. stali ^{*)}	Liczba przetoczeń							
	0	1	2	3	4	5	6	7
4	71,5	79,5	80,5	81,0	81,5	82,5	81,5	—
6	41,5	53,0	56,5	60,0	60,5	60,0	57,5	60,0
7	34,0	47,5	51,0	51,0	52,0	53,5	54,5	54,5
9	30,0	44,0	47,0	45,5	47,0	45,0	45,5	46,5
10	30,0	42,5	44,5	45,0	43,0	44,5	44,5	44,5
11	29,0	40,0	40,5	40,0	41,5	40,0	42,0	—
12	37,5	49,5	55,0	54,0	56,0	55,5	57,0	—
13	33,0	43,5	45,5	46,5	47,5	45,0	45,0	—
14	30,0	40,5	40,5	39,5	42,5	42,0	42,5	—
15	29,5	40,5	44,0	45,5	44,5	46,0	45,5	—
16	33,0	39,5	41,0	42,0	41,5	42,5	42,0	—

wszystkich stali stosowano zasadniczo stałą liczbę przetoczeń, równą 6. Pomiary wykonano djamentem.

Przyczyna wahań twardości po osiągnięciu maximum jest znana z rozdziału poprzedniego. Podkreślenia wymaga fakt, że wszystkie gatunki stali wykazały tym większą zdolność do utwardzania,

^{*)} Ciąg dalszy do str. 101 w zesz. 4 z r. b.

^{s)} Obejmują one stale węgliste od bardzo miękkich do bardzo twardych, stale chromowe i aluminjowe.

im były twardsze, a więc w takim stanie obróbki termicznej po azotowaniu, który dawał istnienie azotu w roztworze stałym lub jego wydzielenie, ale jeszcze w wielkości ponadkrytycznej. Dla przykładu podano podatność do utwardzenia kilku stali azotowanych i studzonych z piecem od temp. azotowania (540°C, 35 godz.), która to obróbka czyni je najmiększymi. Wyniki podaje tabela 6.

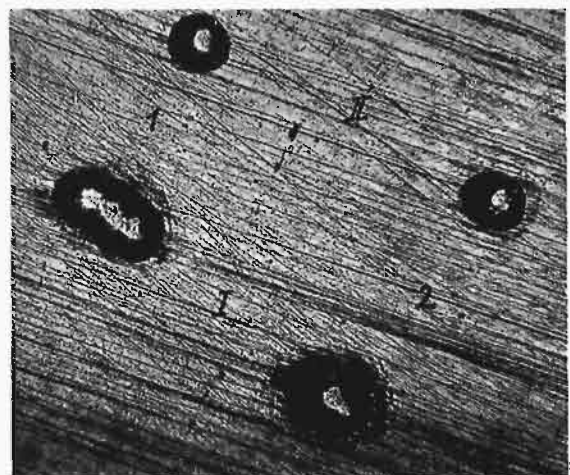
TABELA 6.

Podatność do utwardzenia stali azotowanych i studzonych powoli.

Nr. stali	Liczba przetoczeń							
	0	1	2	3	4	5	6	7
6	40,0	52,5	56,0	55,0	56,5	56,0	56,5	—
	51,0	66,5	70,0	70,0	70,5	71,0	70,5	—
7	30,0	41,5	42,0	44,0	44,0	45,5	44,5	—
	38,0	53,5	57,5	58,5	57,5	57,5	58,0	—
10	24,0	28,0	24,0	23,0	22,0	21,0	22,0	—
	28,0	41,0	40,5	41,5	41,5	43,0	44,0	43,0
12	36,5	46,5	47,5	48,0	48,5	48,0	48,5	—
	46,5	64,5	65,0	64,0	65,5	66,0	65,0	—
13	30,0	40,0	39,5	41,0	41,5	42,0	40,5	—
	39,5	50,5	52,0	52,5	52,0	53,0	53,5	—
14	30,5	35,0	38,0	36,5	37,5	37,5	37,5	—
	39,5	47,0	48,5	49,5	49,0	48,5	48,5	—
15	22,0	21,5	20,5	18,5	19,0	18,5	18,0	—
	28,0	41,0	42,0	41,0	42,0	43,0	42,5	—

W tabeli 6 wiersz górny odnosi się do pomiaru djamentem, a dolny do pomiaru kulką stalową o średnicy 1 mm.

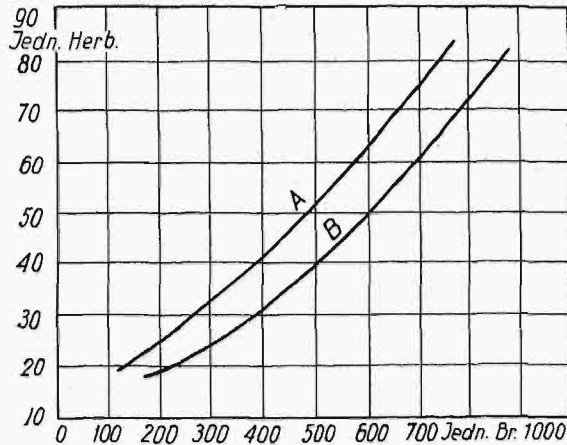
Stale Nr. 6 i 12 zachowały dużą twardość, chociaż nie były hartowane od temperatury azotowania, a to dlatego, że prawie się nie starzeją. Odwrot-



Rys. 6. Odciski wahadła w próbie twardości (II) i utwardzania (I) dla djamentu (2) i kulki (1).

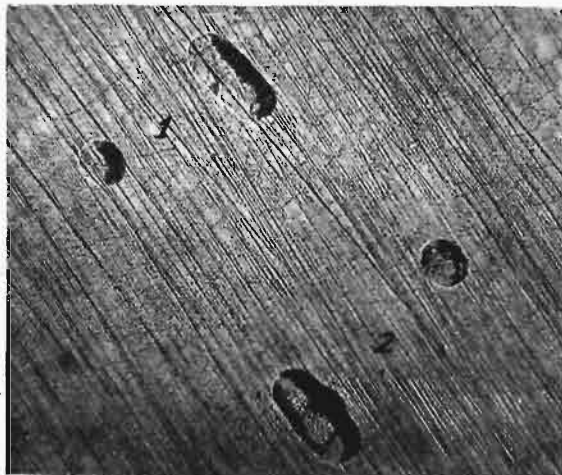
nie zachowały się inne stale, zwłaszcza Nr. 10 i 15, gdzie twardość spadła tak dalece, że trzeba było do mierzenia zdolności do utwardzania zastosować kulkę stalową (1 mm), gdyż djament dawał poślizg, na co wskazują liczby w tabeli 6 oraz fotografja na rys. 6.

Pomiary zdolności utwardzenia djamentem i kulką stalową wskazują, że przy początkowej twardości powyżej 30 jedn. Herberta (dla djamentu) można mierzyć zdolność do utwardzenia djamentem, gdyż poślizg jeszcze nie następuje, co widać z tego, że oba sposoby dają jednakowy przyrost twardości. Dla przeliczania jednostek Herberta na jednostki Brinella podano wykres na rys. 7,



Rys. 7. Zależność jednostek Herberta od jedn. Brinella przy pomiarach kulką stalową (A) i djamentem (B).

oparty na kilkuset pomiarach. Natomiast dla twardości poniżej 30 jedn. Herb. (djament) trzeba stosować kulkę stalową, aby otrzymać wynik miarodajny. Ilustrację do tego dają rys. 6 i 8. Pierwszy z nich przedstawia odciski wahałka na stali węglistej Nr. 9 (0,11% C) azotowanej (540°C, 35 godz.), o twardości 27 jedn. Herb. (djament.). Małe odciski odnoszą się do pomiaru twardości normalnej (próba na czas), a duże — wydłużone — do pomiaru podatności do utwardzenia; odciski bardziej wydłużo-



Rys. 8. Odciski wahałka w próbie twardości na czas i w próbie utwardzania na czas dla djamentu (2) i dla kulki stalowej (1).

ne pochodzą od kulki stalowej, krótsze — od djamentu. Różnica między odciskami dużymi wynosi 4,5 mm przy pow. 50 ×, a w rzeczywistości 0,09 mm. Rys. 8 natomiast przedstawia w ten sam sposób otrzymane odciski na stali Nr. 6, azotowanej w tych samych warunkach, o twardości 40 jedn. Herb. (djament.); widać z niej, że oba odciski parami są równej długości.

Podobne badania, wykonane na stalach nieazotowanych, wskazują, że mają one niedużą zdolność do utwardzenia. Wystarczy tutaj podanie wyników tylko dla trzech stali, które zawiera tabela 7. Wartości w górnym wierszu stanowią jednostki Herberta dla kulki stalowej (o śr. 1 mm), a w dolnym wierszu — dla djamentu. Jak widać z tabeli 7, stal Nr. 10, nawet przy kulce stalowej, dawała poślizg.

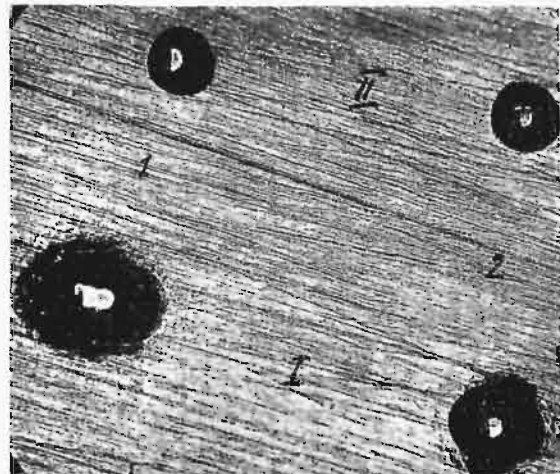
TABELA 7.

Nr. stali	Liczba przetoczeń						
	0	1	2	3	4	5	6
6	25,0	28,5	28,0	27,5	27,5	26,5	26,0
	31,0	36,5	37,5	37,5	37,0	37,5	37,5
10	18,0	15,5	14,0	13,5	13,0	13,0	12,5
	22,0	26,5	26,5	26,0	25,0	24,5	25,0
12	21,0	19,5	18,5	18,0	17,0	16,5	16,5
	27,0	33,5	33,5	33,5	33,5	34,0	33,5

Jako graniczną twardość, dla uniknięcia poślizgu przy pomiarach kulką stalową, można podać 25 jedn. Herberta. Odciski wykonane na stali Nr. 12 przedstawia rys. 9, gdzie widać wyraźny i duży poślizg djamentu, a nieznaczny kulki stalowej. Na poślizg kulki stalowej wskazuje to, że długość odcisku dużego nie jest dwukrotnie większa od długości małego odcisku, co ma miejsce w wypadku braku poślizgu (rys. 6 i 8). Pewne nierówności konturu odcisku powstają wskutek wahań poprzecznych.

Jak podane liczby w tabelach wskazują, stale nieazotowane posiadają podatność do utwardzenia max. 5 jedn. Herb. (kulka stalowa), a stale azotowane max. 20 jedn. Herb. (djament.).

Utwardzenie na maszynie „cloudburst” zaczęto od możliwie najniższej wysokości, t. j. 0,25 m, a następnie zwiększono wysokość opadu kulek do 0,5 m,



Rys. 9. Odciski wahałka w próbie twardości na czas (II) i w próbie utwardzania (I) dla djamentu (2) i kulki stalowej (1).

1,0 m, 2,0 m i 4,0 m. Trzeba zaznaczyć, że podstawą dobrego wyniku jest stopniowe zwiększanie wysokości opadu kulek na tę samą powierzchnię, gdyż w ten sposób unika się naruszania powierzchni przez kulki, bowiem, opadając z mniejszej wysokości, przygotowują one daną powierzchnię, przez podniesienie twardości, do odporności przeciw naruszeniu jej przy większej wysokości. Przytem

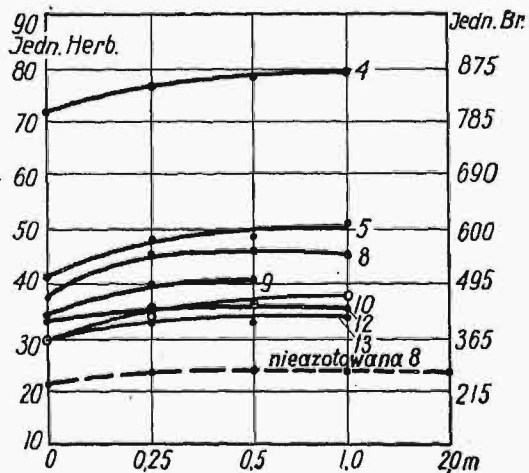
utrzymywano stały czas dla każdej wysokości opadu kulek.

Wykonano tego rodzaju utwardzenie w ciągu 10 min, 20 min, 0,5, 1, 3 i 5 godz. Należy to rozumieć tak, że ta sama powierzchnia była bombardowana np. przez 5 godz. z wysokości 0,25 m, przez 5 godz. z 0,5 m, przez 5 godz. z 1 m i t. d.

Wyniki utwardzania stali azotowanych w 500°C (35 godz.) przy wzrastającej wysokości opadu kulek od 0,25 do 1 m przez 3 godz. bombardowania przedstawia tabela 8 i rys. 10.

TABELA 8.
Wpływ wysokości opadu kulek.

Nr. stali	Wysokość opadu kulek w ciągu 3 godz.			
	0	0,25 m	0,5 m	1,0 m
4	71,5	77,0	79,0	80,0
6	41,5	48	49,5	51,0*
7	34,0	40,0	41,0*	—
9	30,0	34,0*	—*)	—
10	30,0	34,0	—*)	—
11	29,0	32,0	33,0	34,5
12	37,5	46,0	46,0	46,0
13	33,0	48,0	39,0*	—
14	30,0	33,0	34,5	35,0
15	29,5	33,5	36,0	38,0*
16	33,0	35,0	36,0	35,0



Rys. 10. Przyrost twardości stali azotowanych, poddanych bombardowaniu kulkami z różnych wysokości.

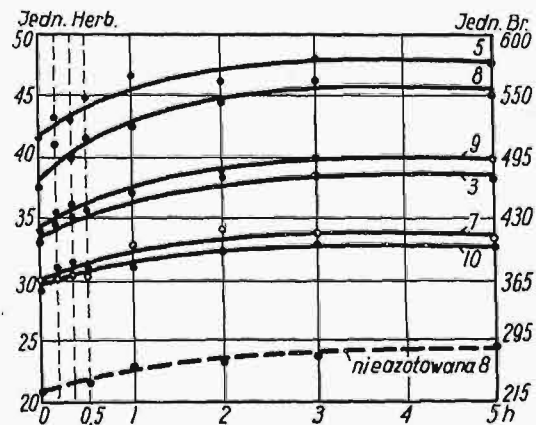
Liczby oznaczone gwiazdkami wskazują, że przy tej wysokości opadu kulek warstwa azotowana zaczęła pękać, a właściwie łuszczyć się w mniejszym lub większym stopniu; najmniej popękała warstwa stali Nr. 15. Grubość warstwy łuszczącej się wynosiła dla stali Nr. 9 25 μ dla innych 20 μ . Wskazuje to, że nie miało miejsca popękanie całej warstwy azotowanej, a tylko warstewki o pewnej koncentracji azotu, która była wystarczająca do nadania jej pewnego stopnia kruchości.

Z tabeli Nr. 8 i rys. 10 widzimy, że największy skutek utwardzenia uzyskały stale Nr. 4, 6 i 15, bowiem średnio o 10 jedn. Herberta. Utwardzenie stali Nr. 4 jest bardzo bliskie tego, jakie dało wahadło, zaś dwóch pozostałych jest znacznie oddalone. Widać jednak, że stale uzyskały tem większą twardość, im większą posiadały podatność do tego, wjawioną wahadłem. Stwierdzono, że największą skłonność do łuszczenia się miały warstwy azotowane tych stali, które posiadały małą zawartość węgla, dalej tych, które przed azotowaniem miały struk-

ture wyżarzona (perlit + ferryt) oraz tych, które posiadały azot w roztworze lub wydzielony w postaci igieł azotków. Łuszczenie się to odbywało się w ten sposób, że cieniutka warstewka oddzielała się od reszty warstwy azotowanej, pękała i odpryskiwała. Wskazuje to, że warstwa naazotowana, składająca się z całego szeregu warstewek o zmiennej koncentracji azotu i innej formie azotków, otrzymuje inny w każdej warstewce efekt utwardzenia, prowadzący do wzajemnego oddzielenia się⁹⁾.

Czy jednak tylko to było przyczyną słabego efektu utwardzania wszystkich stali, prócz aluminowej, zobaczymy dalej. Tutaj trzeba jeszcze dodać, że utwardzenie sięga tak głęboko, iż obejmuje wiele warstewek, wahadłem zaś mierzono tylko zdolność jednej zewnętrznej warstewki, a nie ulega wątpliwości, że każda warstewka posiada inną zdolność do utwardzania, napewno coraz mniejszą, bo po zeszlifowaniu warstwy łuszczącej się (20 μ) twardość stali Nr. 6 spadła do 46,5 jedn. Herberta. Zdaje się jednak, że jest jeszcze inna przyczyna słabego utwardzenia, może właśnie istotna, o czym będzie niżej.

Tabela 8 i rys. 10 wskazują jeszcze na fakt, że im twardsza stal, tem łatwiej następuje maximum utwardzenia, osiągalne przez daną stal, oraz że zwiększanie wysokości opadu kulek zasadniczo nie dało większego utwardzenia.



Rys. 11. Przyrost twardości stali azotowanych wraz ze wzrostem czasu bombardowania.

Wyniki utwardzania kilku stali przy stałej wysokości opadu kulek 0,25 m, a wzrastającym czasie utwardzania podaje tabela 9 i rys. 11.

TABELA 9.
Wpływ czasu utwardzania.

Nr. stali	Czas utwardzania							
	0	10 min	20 min	30 min	1 godz.	2 godz.	3 godz.	5 godz.
6	41,5	43,0	43,0	45,0	46,5	46,0	48,0	47,5
7	34,0	35,5	36,0	35,5	37,0	38,5	40,0	40,0
10	30,0	30,5	31,0	30,5	32,5	34,5	34,0	33,0
12	37,5	41,0	40,0	41,5	42,5	44,5	46,0	45,0
13	33,0	34,5	35,0	35,0	37,0	39,0	38,0	38,0
14	30,0	31,5	31,0	30,5	31,5	33,0	33,0	33,0
15	29,5	31,0	31,5	31,0	31,0	32,5	33,5	32,5

Powyższe cyfry stanowią średnie z 5 pomiarów.

Liczby te określają nie tylko zdolność do utwardzenia, lecz również jakość utwardzenia; mianowicie

⁹⁾ Wielkość igieł azotków maleje ze zmniejszeniem się koncentracji azotu aż do postaci kuleczek. Por. A. Wójcik. Azot w stali. Przegląd Górniczo-Hutn. 1931 r. Nr. 10, str. 553.

cie, im dłuższy czas utwardzania, tem mniejsze są wahania twardości na powierzchni, świadczące o dokładniejszym utwardzeniu. Jak stwierdzono, dokładne utwardzenie przy objęciu całej powierzchni zasięgiem kulek, czyli przy nieruchomem położeniu stolika, można osiągnąć najwyżej po godzinie. Przy przesuwaniu stolika w wypadku dużych powierzchni, zależnie od skoku stolika, potrzebny jest czas dłuższy dla dokładnego utwardzenia. Czas dokładnego utwardzenia przy jednakowej wielkości powierzchni utwardzonej jest zależny od ilości uderzeń na minutę, która znowu zależy od konstrukcji maszyny. Maszyna, na której wykonano te badania, posiadała 200 tys. kulek i dawała od 200 tys. do 500 tys. uderzeń na minutę *).

Co się tyczy wzrostu utwardzania z czasem, to widać z tabeli 9 i rys. 11, że wpływ czasu na stopień utwardzenia osiąga maximum po 3 do 5 godzin. Nie otrzymano też lepszych wyników przez utwardzenie po 5 godzin przy 0,25 m, 0,5 m i 1 m. Dłuższy czas miał tylko taki wpływ, że już przy 0,5 m zaczęło się łuszczyć więcej stali, a przy 1 m, z wyjątkiem stali aluminiowej, wszystkie stale otrzymały powyższy defekt. Stosowano jeszcze inną kombinację, mianowicie utwardzono po 0,5 godz. przy 0,25, 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0 m, oraz po 1 godz. przy 0,25, 0,5, 1,0 i 2,0 m, jednak wynik, poza stalą aluminiową, był nielepszy. Stal aluminiowa osiągnęła 82 jedn. Herberta. Przy zastosowaniu odrazu wysokości opadu kulek 0,5 m, otrzymano dla wszystkich stali, oprócz aluminiowej, niższe utwardzenie, niż przy wysokości 0,25 m.

Z pośród stali nieazotowanych, które przy wszystkich kombinacjach utwardzenia otrzymały nieznaczny przyrost twardości, wystarczy podać wyniki dla stali Nr. 12 (tabela 10 i rys. 10 i 11).

TABELA 10.

Utwardzanie stali nieazotowanych.
(Wpływ wysokości i czasu opadu kulek).

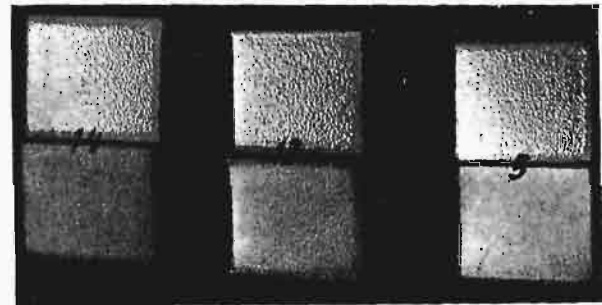
Stal nieutwardzona	Wysokość opadu kulek w ciągu 3-ch godzin				
	0,25 m	0,5 m	1,0 m	2,0 m	
21,0	24,0	24,0	24,0	24,0	
	Czas utwardzania z wysokości 0,25 m				
	30 min	1 godz.	2 godz.	3 godz.	5 godz.
21,0	22,0	23,0	23,5	24,0	24,5

Maksymalny przyrost wynosi 3,5 jedn. Herberta, t. j. średnio 50 jedn. Brinella.

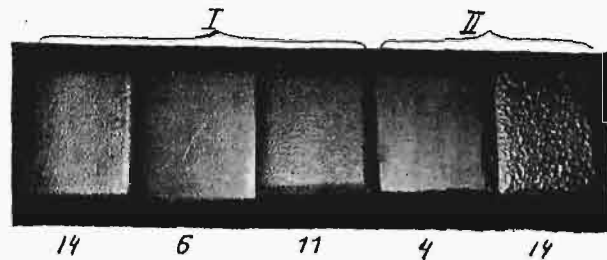
Charakterystyczne powierzchnie utwardzone przedstawiają fotografie na rys. 12, 13 i 14 dla różnych stali i różnej wysokości opadu, a stałego czasu utwardzania 3 godziny. Szczegółowe objaśnienia przy każdym rysunku.

*) Dla lepszego zrozumienia powyższego warto podać tego rodzaju obliczenie. Przypuśćmy, że sfera skutecznego działania pojedynczego uderzenia kulki równa się powierzchni o średnicy 0,1 mm. Zależy to oczywiście od twardości materiału i wysokości opadu kulek. Ale ponieważ dla optymalnego utwardzenia potrzeba, jak to później zobaczymy, by kulka nie zostawiała najmniejszego śladu na powierzchni, sfera działania uderzeń będzie bardzo nieznaczna. Być może, że przyjęta sfera działania uderzenia jest nieprawdziwa, jest ona jednak raczej za duża niż za mała. Powierzchnia badanych próbek wynosiła $10 \times 8 = 80 \text{ mm}^2$, t. zn. 8 000 razy więcej niż sfera działania jednej kulki. Jeżeli

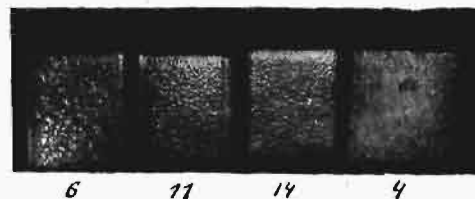
maszyna daje 200 tys. uderzeń na minutę, a przy otworze $25 \times 350 \text{ mm}$, z uwzględnieniem rozsiewu, pole działania kulek wynosi $50 \times 350 \text{ mm} = 17 500 \text{ mm}^2$, to na powierzchnię 80 mm^2 przypada na minutę $\frac{1}{219}$ ogólnej liczby kulek. Przyjawszy zamiast 219 liczbę 200, otrzymamy, że na powierzchnię $10 \times 8 \text{ mm}$ uderza na minutę 1 000 kulek. By otrzymać 8 000 potrzebnych uderzeń, czas utwardzania winien wynosić 8 minut. Ponieważ uderzenia nie są idealnie równomierne oraz powierzchnia objęta działaniem 8 tys. uderzeń jest mniejsza od powierzchni rzeczywistej w stosunku powierzchni koła wpisanego w kwadrat o boku 0,1 mm do powierzchni tego kwadratu, czas potrzebny do dokładnego utwardzania winien być znacznie dłuższy.



Rys. 12. Wygląd powierzchni próbek ze stali azotowanej i nieazotowanej utwardzanych na maszynie „cloudburst” przez 3 godz. z wysokości 0,25 m.



Rys. 13. Powierzchnia próbek ze stali azotowanej i nieazotowanej, utwardzanych gradem kulek z wysokości 0,25 m przez 3 godz. (I) i z wysokości 4 m przez 1 godz. (II).



Rys. 14. Powierzchnia próbek ze stali azotowanej, utwardzanych gradem kulek z wysokości 1 m przez 3 godz.

Badano też mikrostrukturę na przekroju prostopadłym do powierzchni utwardzonej próbek azotowanych i nieazotowanych, jednak nie zauważono żadnych zmian strukturalnych na powierzchni płaskiej próbek, jak to widzimy na mikrofot. rys. 15, dla stali Nr. 12 nieazotowanej, przedstawiającej środek powierzchni. Płynięcie materiału widoczne jest tylko na zaokrąglonych brzegach próbki (rys. 16). Twardość na zaokrąglonym brzegu wynosiła 26,5 jedn. Herberta, a więc była znacznie wyższa.

TABELA 11.
Wpływ bombardowania kulkami na wymiary próbek.

	Zmiana wymiarów próbek stali Nr.:											
	1	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16
Stale azotowane, utwardzane 5 godz.:												
z wysokości 0,25 m	- 1	- 1	- 4	- 3	+ 2	+ 2	0	- 2	- 4	- 2	0	- 2
" " 0,5 m	- 1	- 2	- 5	- 4	+ 2	-	- 4	- 3	-	- 2	0	- 3
Stale nieazotow., utwardzane 5 godz.:												
z wysokości 0,25 m	-	-	+ 3	+ 2	+ 5	-	+ 6	+ 2	+ 2	+ 2	-	+ 2
" " 0,5 m	-	-	+ 4	+ 3	+ 4	-	+ 6	+ 4	+ 2	+ 5	-	+ 3

TABELA 12.
Głębokość utwardzenia gradem kulek.

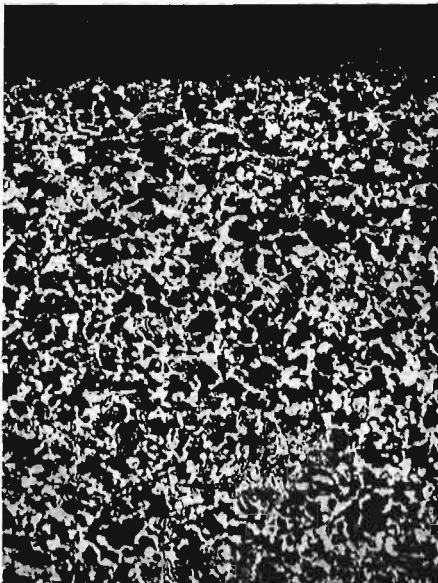
Nr, gatunek i obróbka stali	Rodzaj warstwy	Twardość w jedn. Herberta na podanej głębokości pod powierzchnią w mm:										
		0	0,01	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,20	0,30	0,50
Stal aluminjowa Nr. 4 azotowana	utwardzana	78	78,5	77	76,5	74	70	64	60	-	-	-
" " " " " " " "	nieutwardz.	72	71,5	72,5	71,5	70	69	64,5	61,5	48	31	27,7
Stal chromowa Nr. 6 azotowana	utwardzana	47	47	46	43,5	43	40	-	36	33	28,5	-
" " " " " " " "	nieutwardz.	38	38,5	38,5	38	37,5	35	-	32,5	32	29	27
Stal węglista Nr. 12 azotowana	utwardzana	43	42	41,5	38	-	37	-	34	32	27,5	24
" " " " " " " "	nieutwardz.	36	36,5	35	32,5	-	31	-	29,5	28,5	26,5	22,5
Stal Nr. 12 nieazotowana	utwardzana	25	25,5	24,5	24	23,5	-	-	22,5	-	21,5	-
" " " " " " " "	nieutwardz.	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 13.
Wpływ ogrzewania próbek utwardzonych.

Nr. i rodzaj stali	Rodzaj warstwy	Temperatura ogrzewania przez 15 min									
		20°	60°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	500°
Stal aluminjowa Nr. 4, azotowana	utwardzona	79,0	81,0	80,0	82,0	83,0	83,0	80,0	78,5	79,0	75,0
" " " " " " " "	nieutwardz.	71,0	73,0	72,0	74,0	74,5	75,5	74,0	73,5	73,0	71,5
Stal węglista Nr. 11, azotowana	utwardzona	33,0	34,0	33,0	33,0	33,0	33,5	31,5	31,5	30,0	28,5
" " " " " " " "	nieutwardz.	26,5	28,0	26,0	25,5	35,0	23,0	22,0	23,0	23,5	26,0
Stal węglista Nr. 11, nieazotowana	utwardzona	21,5	21,5	22,0	22,0	22,5	21,5	22,0	22,0	22,0	20,5
" " " " " " " "	nieutwardz.	20,0	20,5	20,5	20,0	20,5	21,0	20,0	20,0	21,0	20,5

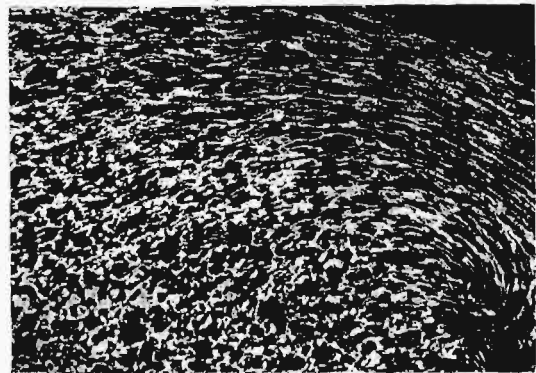
Stal aluminjowa i chromowa, które otrzymały największe utwardzenie, nie wykazały też żadnych wi-

świadczeń o tym także pomiary wielkości próbek przed i po utwardzeniu na komparatorze „Société Gènevoise” w środku powierzchni. Zmianę wymiarów podaje tabela 11. Otóż stale nieazotowane wykazały przyrost wymiarów, a to wskutek wypchnięcia w pewnych miejscach materiału do góry. Stale



Rys. 15. Stal węglista Nr. 12, nieazotowana, utwardzana 1 godz. kulkami, spadającymi z wysokości 0,25 m, 0,5 m, 1,0 m i 2,0 m.

doczynych zmian strukturalnych. Rys. 15 i 16 wskazują wyraźnie, wraz z fotografią powierzchni (rys. 12), że materiał doznał tylko pewnego rodzaju przemieszania.

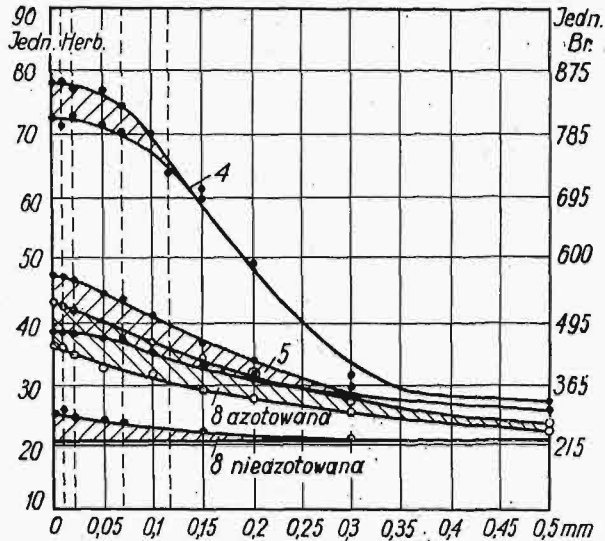


Rys. 16. Brzeg próbki z rys. 15.

azotowane, zależnie od twardości, wykazały przyrost (Nr. 9 i Nr. 10), pozostały bez zmiany lub dały zmniejszenie, im były twardsze. Wyjątek stanowią stale aluminjowe (Nr. 1 i 4), które wobec swej ogromnej twardości nie wykazały wyraźnego zmniejszenia wymiaru. Warto jeszcze dodać, że głębokość odcisków po utwardzaniu w ciągu 3 godzin z 0,5 m na stalach nieazotowanych wy-

nosiła od 10 do 20 μ , a na stalach azotowanych (poza aluminjowemi) od 5 do 10 μ .

Jak już wspomniałem, obserwacja struktury na przekroju prostopadłym do powierzchni utwardzonej próbek nie ujawniła żadnych zmian strukturalnych, a więc nie można było określić drogą mikroskopową głębokości utwardzenia. Zrobiono to inną drogą, mianowicie drogą zeszlifowywania warstwek na papierach szmerglowych i mierzenia twardości. Otrzymane w ten sposób wyniki podaje tabela 12 i rys. 17. Ponieważ były to próbki azotowane, a więc posiadające już zmianę twardości na głębokości warstwy azotowanej, zrobiono to samo od strony nieutwardzonej.



Rys. 17. Zmiana twardości wraz z głębokością od powierzchni utwardzanej i nieutwardzanej stali azotowanych i nieazotowanych.

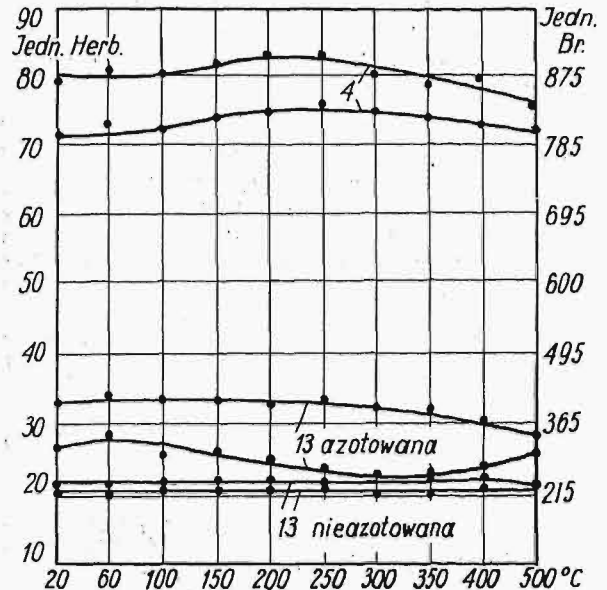
Azotowanie stali podanych w tabeli 12 odbywało się w temp. 540°C, przez 35 godz. przy 16% dysocjacji amoniaku, a było przeprowadzone przed dwoma laty; w tym też czasie były one poddane starzeniu się w 200°C przez 10 godz.

Z tabeli 12 i rys. 17 widzimy, że utwardzenie mechaniczne nie sięga głęboko, jednak tem głębiej, im miększa warstwa. Maximum utwardzenia, jakie istnieje na powierzchni, sięga średnio na 0,05 mm. Trzeba tutaj wziąć pod uwagę, że utwardzenie trwało dość krótko; dłuższy proces dałby niewątpliwie głębsze utwardzenie. Wpływ wysokości opadu kulek i czasu utwardzania na głębokość utwardzenia zbadano na stalach hartowanych, o czym niżej.

Tutaj nasuwa się jeszcze pytanie, czy nie miał miejsca wpływ ciepła, wywołanego przy szlifowaniu, na twardość warstwy azotowanej, zarówno bez utwardzenia, jak i po utwardzeniu. Jak już powiedziano wyżej, próbki użyte do tych badań były poddane starzeniu się przez 10 godz. w 200°C jeszcze przed dwoma laty, a więc wpływ szlifowania na zmiany twardości warstwy nieutwardzonej nie mógł mieć miejsca. Co do wpływu na warstwę utwardzoną, przekonamy się niżej, że również i tu był on bez znaczenia.

Chcąc się przekonać, czy podgrzanie próbek do wyższych temperatur nie podniesie twardości w pewnym stopniu, ogrzewano kilka gatunków sta-

li przez 15 min w temp. 60°, 100°, 150°, 200°, 250°, 300°, 350°, 400° i 500°C. Wyniki podaje tabela 13 i rys. 18. Azotowanie stali podanych w tej tabeli odbywało się w temp. 500°C przez 35 godz., a utwardzanie ich na maszynie „cloudburst” wykonano po 3 godz. z wysokości 0,25, 0,5 i 1,0 m. Wartości podane w tabeli 13 i krzywe na rys. 18 wskazują, że temperatura tylko wówczas ma wpływ na zmianę twardości, jeżeli dana stal lub tylko pewna jej warstwa posiada zdolność do starzenia się, i to niezależnie od tego, czy była utwardzana, czy nie. Stal nieazotowana nie otrzymała żadnego wzrostu twardości



Rys. 18. Wpływ ogrzewania przez 15 min w różn. temperaturach na twardość powierzchni utwardzonej (krzywe górne) i nieutwardzonej (krzywe dolne).

dości w warstwie utwardzonej. Stal aluminjowa posiada w warstwie nieutwardzonej maximum twardości około 250°C, które pochodzi od starzenia się, a w warstwie utwardzonej nieco wcześniej, co jest zrozumiałe, bo wszelkie odkształcenie trwałe (zgniot) zmniejsza rozpuszczalność jednego składnika w drugim, wskutek czego przyspiesza jego wydzielenie. Stal węglista miękka, która posiada krytyczną temperaturę starzenia się ok. 60°C, wykazała również przesunięcie jej do niższych temperatur. Wzrost twardości warstwy nieutwardzonej tej stali od 350°C w górę zachodzi wskutek rozpuszczania się azotków w α -Fe. Z powyższej tabeli i rys. 18 widać wyraźnie jeszcze jeden fakt, mianowicie, że warstwa utwardzona zachowuje w stali aluminjowej twardość do tej samej temperatury co nieutwardzona, a w stali węglistej — do znacznie wyższej temperatury.

Warto tutaj zwrócić uwagę na korzyść, jaką daje stal aluminjowa azotowana, dzięki zachowaniu tak dużej twardości powyżej 500°C.

Po wykonaniu powyższych badań przekonano się, że warstwy azotowane nie pozwolą już z natury swej na dokładne określenie tego, co zawierają 4 punkty, podane na początku tego rozdziału. Dlatego użyto do dalszych, zupełnie takich samych badań, stali węglistych hartowanych.

(d. n.).

Kontrola pracy turbiny z odbiorem pary

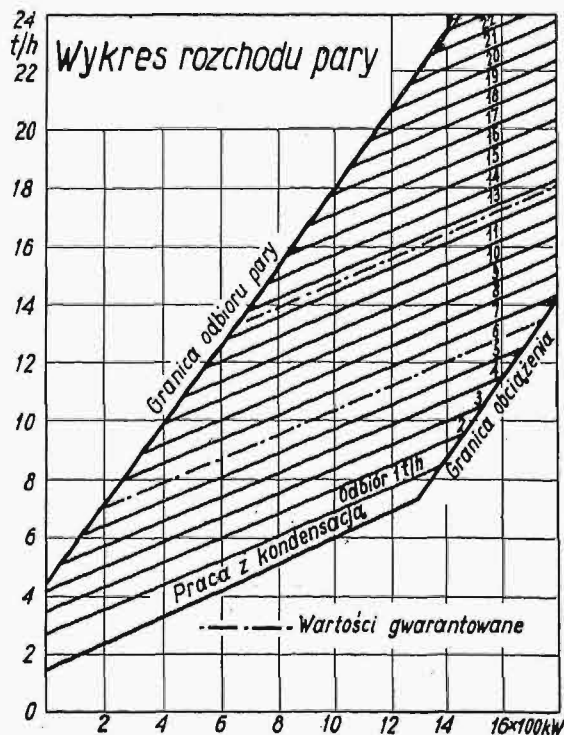
Napisał Inż. H. Bock.

Dla kontroli sprawności turbiny ważny jest przede wszystkim jednostkowy rozchód pary. Atoli wyznaczenie go co pewien czas nie wystarcza, gdyż daje wyniki okresowo, nie zaś w sposób ciągły, błędy przeto mogą być zauważone zbyt późno, prowadząc w ten sposób do dużych strat pieniężnych. Aby mieć możność oceny w każdej chwili, czy turbina pracuje sprawnie, musi być prowadzona kontrola stała.

Prostolinjowa zależność rozchodu pary turbos zespołu od obciążenia elektrycznego przy innych czynnikach stałych jest znana. Odchylenia od tej prostej przy różnych typach turbin są niewielkie i mogą być naogół pominięte. Ponieważ w normalnych warunkach ruchu ciśnienia pary dolotowe i odlotowe, jej temperatura oraz próżnia zmieniają się w niewielkich granicach, można zastosować zależność powyższą do ciągłej kontroli pracy turbiny.

Pomiar ciśnień, temperatur i próżni nie nastęrcza żadnych trudności.

Jeśli zaś idzie o pomiar ilości pary świeżej i pobieranej oraz ilości skroplin, to przy obecnym

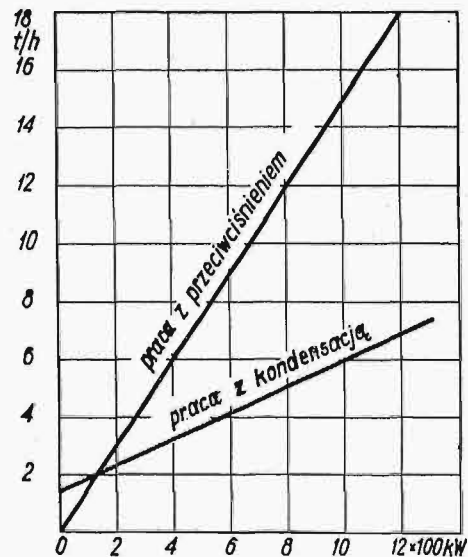


Rys. 1.

stanie techniki pomiarowej przyrządy rejestrujące dają wystarczającą do takich celów dokładność.

Sposób ten nadaje się w zupełności do kontroli turbin zwykłych, w tym jednak artykule chciałem zwrócić szczególną uwagę na pracę z odbiorem pary. W tym wypadku musimy rozłożyć pracę turbiny na część przeciwną oraz kondensacyjną. Można przytem wyjść z tego założenia, że rozchód

pary podczas biegu jałowego zespołu odpowiada rozchodowi energii podczas biegu jałowego przy pracy kondensacyjnej. W ten sposób całkowite obciążenie na zaciskach prądnicy będzie odpowiadało pracy kondensacyjnej, po pominięciu strat biegu jałowego oraz pracy z przeciwnością. Mnożąc ilości pary przez odpowiednie spadki adyabatyyczne ciepła i rozkładając obciążenie na ruch kondensacyjny i z przeciwnością, otrzymujemy dwie proste (rys. 2). Przez codzienne wyliczanie średnich wartości otrzymujemy 2 punkty, które po wysowaniu do wykresu wskazują, czy praca turbiny odbywa się normalnie. Jeśli punkty odbiegają zbyt daleko od prostej, to albo turbina źle pracuje, albo aparaty rejestrujące źle działają. Kontrola jest wzajemna.



Rys. 2.

Kontrolę tego rodzaju wprowadzono w stosunku do turbiny Pierwszej Berneńskiej Fabr., budowy 1930 r., o mocy 1800 kW. Rozchód pary przedstawiono na rys. 1. Przez rozdzielanie pracy na kondensacyjną i z przeciwnością otrzymano 2 proste, wskazane na rys. 2, przy czym prostą pracy kondensacyjnej wzięto z wykresu gwarancyjnego, prostą zaś pracy z przeciwnością znaleziono w sposób następujący: przy obciążeniu 1500 kW i odbiorze pary 6 t/godz., pobiera turbina 12,5 t/godz. Ilość skroplin wynosi zatem 12,5 — 6 = 6,5 t/godz.

Tej ilości odpowiada przy pracy czysto kondensacyjnej udział w obciążeniu 1100 kW, pozostaje więc dla pracy z przeciwnością 400 kW. Otrzymany punkt po połączeniu z początkiem układu współrzędnych daje prostą, odpowiadającą warunkom pracy z przeciwnością.

Do ciągłej kontroli turbiny potrzebna jest jeszcze sprawność termodynamiczna części kondensacyjnej, którą wyliczamy w sposób następujący: przy biegu jałowym rozchód pary wynosi 1,5 t/godz., więc dla pracy kondensacyjnej jest do dyspozycji 6,5 — 1,5 = 5 t/godz. o spadku adyabatyycznym ciepła 260,0 Kal. Sprawność termodynamiczna wynosi zatem

$$\frac{860 \times 1100}{5000 \times 2600} = 72,8\%$$

Przykłąd. Wyniki pracy w ciągu 24 godz.:
turbina zużyła 288,9 t pary o temp. 385°C, ciśn. średnio 25,2 ata,
pobrano 194,1 t pary o temp. 262°C, ciśn. średnio 7,5 ata,
ilość skroplin 94,8 t, ciśnienie w skraplaczu 0,045 ata,
praca elektryczna 25 500 kWh.

a) Praca kondensacyjna:
94,8 t pary o rzeczu spadku ciepła $260,5 \times 0,728 \cdot 17,95 \cdot 10^6$ Kal
przy biegu jałowym $24 \times 1,5 \times 260,5 \times 0,728 \cdot 6,82 \cdot 10^6$ „
pozostaje dla pracy kondensacyjnej $11,13 \cdot 10^6$ „
b) Praca z przeciwnieniem:
194,1 t pary o rzeczu spadku ciepła (765—710) . . $10,67 \cdot 10^6$ Kal

Rozdział pracy:

praca z przeciwniem. 25 500 $\frac{10,67 \times 10^6}{(11,13 + 10,67) \times 10^6} = 12 500$ kWh
praca kondensacyjna 25 500—12 500=13 000 kWh.

Stąd można wyliczyć już bez żadnych trudności średnie wartości dla obu wypadków i, wstawiając je do wykresu (rys. 2), zdać sobie sprawę w każdej chwili z pracy turbiny. Chcąc sobie ułatwić powyższe obliczenie, należy sporządzić pomocnicze wykresy, z których można brać spadki ciepła i t. p. dla średnich wartości ciśnień, temperatur i próżni w granicach wahań.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

BUDOWNICTWO.

Nowy sposób budowy nawierzchni żelbetowej.

Autor opisuje budowę nawierzchni, składającej się z żelbetu, uzbrojonego kratami metalowymi z prętów zygakowatych o wysokości 4 cm. Po ułożeniu tych krat na podłożu i zmocowaniu ich pomiędzy sobą, naprz. zapomocą spawania elektrycznego, zalewa się je odpowiednią zaprawą, mianowicie bądź betonem zwirowym, bądź mieszaniną bitumiczną. Kraty mają przytem na celu nie tylko zwiększenie wytrzymałości nawierzchni, lecz również zmniejszenie jej zużycia, gdy bowiem zaprawa wypełniająca kraty ulega zużyciu, powstają zygakowate wgłębienia o krawędziach bardzo odpornych na uszkodzenia przez pojazdy.

Artykuł zawiera też wyniki prób, wykonanych przy 3-ech rodzajach obciążenia nawierzchni. Próby te wykazały, że nawierzchnia opisywana jest praktycznie zupełnie nieodkształcalna. Zastosowano ją m. in. na drodze z Wiednia do Klagenfurtu, pomiędzy miejscowościami Zeltweg a Steiermark, gdzie wykazała się najlepszymi cechami. Po pewnym zużyciu nawierzchni, wgłębienia pomiędzy prętami pozostają dość płytkie, tak, że nie oddziałują zupełnie na podwozie samochodu. (*Brunner, Bautechnik*, 30 września r. ub.).

M.

Wytrzymałość betonu.

E. d. Marcotte, szef działu badań fizycznych i mechanicznych laboratorjum Szkoły dróg i mostów w Paryżu, opisuje wyniki swych doświadczeń, wykonanych w latach 1927—1932, a obejmujących wytrzymałość betonu o różnym składzie mieszaniny. Wykonane badania dają odpowiedź na zagadnienia, interesujące 2 kategorie fachowców: a) wytwórców cementu, których interesuje zbadanie ich wyrobów w postaci betonu o różnej proporcji cementu, i b) inżynierów, którzy pragną wyjaśnić wpływ proporcji wody i cementu na wytrzymałość betonu.

Wszystkie badania wykonano, używając do prób za każdym razem na 1 m³ betonu 400 litrów piasku z Sekwany i 800 l żwiru tegoż pochodzenia. Wyniki badań stanowią ważny przyczynek do rozwiązania trzech nast. zagadnień:

- 1) prawa tężenia zapraw badanych,
- 2) wpływu proporcji cementu,
- 3) wpływu stosunku woda : cement.

Oto wyniki, w odniesieniu do betonu ze zwykłego cementu sztucznego, przygotowanego w opisanych warunkach:

1° Wytrzymałość jest funkcją linjową proporcji cementu i funkcją logarytmiczną wieku betonu, o postaci:

$$R = a + \beta \log t.$$

2° Wytrzymałość zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do proporcji wody, gdy ilość tejże waha się od 20 do 32 litrów na worek cementu.

Analogiczne wnioski mogą być wypowiedziane też co do cementów szybkowiązających i glinowych, choć badania autora nie są w tym zakresie dość liczne, by dawały równą pewność, jak wnioskowi dotyczącemu cementów zwykłych. (*Annales des Ponts et Chaussées*, V—1932). M.

ENERGETYKA.

Elektrownia Battersea w Londynie.

Znajdująca się na ukończeniu, wielka elektrownia w Londynie o mocy 400 000 kW, ma uzyskać narazie 2 turbosespoły główne po 80 000 kW. Parę wytwarzać ma 6 kotłów typu Babcock & Wilcox, o wydajności do 150 t/h każdy, przy prężności roboczej ok. 45 at i temperaturze przegrzania do 480° C. Kotły mają kute walczaki o długości 14,35 m i średnicy wewn. 1016 mm, ważące ok. 36,5 t. Palenisko każdego kotła zajmuje w rzucie poziomym 111,5 m² i jest wyposażone w ruszt podsuwowy Taylora o 20 retortach, pochylonych pod kątem 20°.

Turbiny główne, zbudowane w zakładach British Thomson-Houston i Metropolitan Vickers Electr. Co., obliczone są na parę o ciśnieniu 40 do 42 atm i temperaturze do 455° C. Każda turbina składa się z całkowicie odlanej ze stali części wysokoprężnej, części średnioprężnej i niskoprężnej z obustronnym wylotem pary.

Prądnicę wytwarzać będą napięcie 11 500 V przy 50 okr./sek i 1 500 obr./min. Stojany ich są spawane z płyt stalowych i ważą po 137 t, wirniki — po 64 t. Z każdą turbiną główną łączy się turbina pomocnicza o mocy 6250 kVA, wytwarzająca prąd zmienny o napięciu 3300 V. Łącznie z osobną wzbudnicą, mierzy każdy zespół główny 33,6 m długości (*Engineering*, t. 135, 1933, str. 89—92).

Odtłuszczanie skroplin zapomocą węgla aktywnego.

Istnieje wiele sposobów mechanicznych, chemicznych i elektrolitycznych oczyszczania skroplin z zawartych w nich smarów, żaden z nich jednak nie daje wyników całkowicie zadowalających.

Autor opisuje nową, wyprobowaną przez siebie metodę, polegającą na wyzyskaniu własności adsorbcyjnych węgla aktywnego, specjalnie przygotowanego do oczyszczania wody.

Skropliny są filtrowane przez warstwę węgla aktywnego bez strat ciepła; po przesączeniu, woda jest czysta i bezbarwna i nie zawiera powyżej 0,8 g olejów na 1 m³. Metoda

ta może być również stosowana do wody zanieczyszczonej domieszkami benzyny, nafty lub benzolu. We wszystkich wypadkach składniki tłuszczowe lub węglowodory, zatrzymane przez węgiel aktywny, mogą być z niego łatwo wydzielenie. (Chemiker Ztg. 10. VIII. 1932). t.

METALOZNAWSTWO.

Przewodnictwo cieplne pewnych stopów niezelaznych.

Przewodnictwo cieplne, to znaczy ilość kaloryj, przepływających w ciągu 1 sek przez 1 cm³ ścianki przy różnicy temperatur 1°C, jest nader ważnym czynnikiem przy wyborze tego lub innego stopu na dany wyrób. Jako przykład, mogą służyć silniki lotnicze chłodzone powietrzem, przy których osiągnięto tak doskonałe wyniki dzięki odpowiedniemu doborowi materiałów o wysokim przewodnictwie cieplnym.

TABELA 1.

Przewodnictwo cieplne stopów Al—Cu.

% Cu	W stanie surowym		W stanie wyżarzonym przy 500°C przez 24 godz. studzono wraz z piecem	
	30°—100°C	60°—270°C	30°—100°C	60°—270°C
0	0,513	—	—	—
0,18	0,493	0,512	0,497	0,518
1,01	0,433	0,503	0,492	0,511
5,06	0,390	0,451	0,463	0,473
7,20	0,406	0,433	0,453	0,465
11,41	0,363	0,405	0,441	0,446
15,46	0,362	0,375	0,437	0,420
20,08	0,346	—	0,418	0,422
25,60	—	—	0,394	0,405
30,46	—	—	0,388	0,381

Ostatnio wykonano badania nad przewodnictwem cieplnym stopów aluminium z miedzią oraz nad wpływem domieszek aluminium, niklu, fosforu, arsenu i żelaza na przewodnictwo cieplne miedzi. Badania nad stopami aluminium—miedź przeprowadzono z próbkami odlanymi w stanie surowym oraz z próbkami wyżarzonymi przy 500°C w ciągu 24 godzin i powoli studzonymi z piecem.

Wyższe wartości przewodnictwa próbek wyżarzonych (p. tab. I) tłumaczy się koagulacją i wydzieleniem się miedzi z roztworu stałego w Al. Podobne zjawisko zostało stwierdzone przez Donaldsona w stosunku do żeliwa wyżarzonego i nieżarzonego. W tym wypadku zmianę należy przypisać rozpadowi cementytu i wydzieleniu się wolnego węgla. Wyższe wartości przewodnictwa w zakresie 60—270° należy przypisać temu samemu zjawisku: wydzieleniu się miedzi z roztworu. Udało się zauważyć to nawet w czasie wykonywania doświadczeń.

TABELA 2.

Wpływ różnych domieszek na przewodnictwo cieplne miedzi w zakresie 60—270°C.

% domieszek	Przewodnictwo cieplne		% domieszek	Przewodnictwo cieplne	
	1000°C	650°C		1000°C	650°C
1,75 Al	0,405		0,083 P	0,708	
5,10 Al	0,256		0,135 P	0,504	
8,45 Al	0,219		0,229 P	0,398	
12,78 Al	0,169		0,406 P	0,292	
0,78 Ni	0,655		0,070 As	0,695	
1,57 Ni	0,562		0,144 As	0,504	
2,76 Ni	0,425		0,302 As	0,398	
4,90 Ni	0,310		0,495 As	0,292	
% Fe	Stop hartowany od		% Fe	Stop hartowany od	
	1000°C	650°C		1000°C	650°C
0,20	0,702	0,713	0,50	0,505	0,580
0,29	0,640	0,603	1,07	0,342	0,570

Odchylenie otrzymane dla stopu o 7,2% Cu w zakresie temperatur 30—100°C jest spowodowane pewnym przypadkowym przegrzaniem stopu przed pomiarami. Należy podkreślić, iż, stosując różne rodzaje obróbki cieplnej, zmieniamy tem samym znacznie przewodnictwo cieplne stopów. Na przykład stopy miedzi z żelazem, zahartowane od 1000°C, wykazują, jak widać z załączonej tabeli, znacznie niższe przewodnictwo, niż stopy zahartowane od 650°C, przyczem różnica ta jest znacznie wyraźniejsza przy większych zawartościach żelaza. Belajew uważa, iż na zmniejszenie się przewodnictwa wpływa nie zmiana rozpuszczalności żelaza w miedzi, lecz przemiana żelaza α w żelazo γ , jakie mamy po zahartowaniu od 1000°C. Rosenhain zwrócił uwagę na ściśłą zależność przewodnictwa cieplnego i przewodnictwa elektrycznego, i to w takim stopniu, iż mając jedno, możemy łatwo obliczyć drugie. (J. Inst. of Metals. 1932, t. 42, str. 37—46). E. P.

TECHNIKA WARSZTATOWA.

Wytwarzanie pierścieni tłokowych.

Dobry pierścień tłokowy powinien posiadać właściwą sprężystość, zachowywać dokładny kształt kołowy w czasie pracy i wykazywać dużą odporność na zużycie. Wytwarzanie takich pierścieni jest dość drogie, to też niejednokrotnie rezygnuje się z otrzymania pierścieni, posiadających wszystkie te zalety. Jeśli pierścień nie zachowuje kształtu kołowego po ściśnięciu, to wywiera nierówne ciśnienie na obwodzie. Jednym ze sposobów usunięcia tej wady jest wykonywanie pierścieni cieńszych przy rozcięciu, a najgrubszych w miejscu przeciwnym. Ujemnymi stronami tego wykonania są: gorsza szczelność przy rozcięciu, gromadzenie się osadu węgla między pierścieniami a tłokiem w sąsiedztwie rozcięcia i większy rozchód smaru. Pierwsze dwie wady pochodzą stąd, że wytoczenie w tłoku i wewnętrzna średnica pierścienia są mimośrodowe, w związku z czym pod pierścieniem powstaje w hliskości rozcięcia wolna przestrzeń, sprzyjająca uchodzeniu gazów i gromadzeniu się węgla. Większy rozchód smaru wynika z tego, że cieńszy przy rozcięciu pierścień szybciej się wgryza z materiał tłoka, a wiadomo z doświadczenia, że rozchód smaru zależy w dużej mierze od stanu bocznych ścianek rowka dla pierścienia. Młotkowanie pierścieni od wewnątrz hywa stosowane zarówno do pierścieni o stałej, jak i o zmiennej wysokości. Główna trudność polega na niemożności wymierzania uderzeń o odpowiedniej sile. Postępem w stosunku do tej metody było wykonanie pierścieni toczonych o nierównym przekroju, ujednostajnianym następnie przez zgniatanie ich zapomocą uderzeń najsilniejszych naprzeciwko rozcięcia, a słabnących stopniowo w miarę zbliżania się do niego. Sposób ten nie pokonywał jednak głównej trudności, jaką sprawiało otrzymanie pierścienia o kształcie ściśle kołowym po ściśnięciu.

Według metody F. W. Lanheстера, toczy się surowy odlew podług specjalnego szablonu, nadającego kształt, jakoby miał pierścień kołowy po rozprężeniu. Po wycięciu z tak wykonanego pierścienia kawałka, odpowiadającego rozcięciu, i ściśnięciu go, otrzymuje się kształt kołowy. Niewygodami w stosowaniu tego systemu są znaczna ilość rozmiarów i typów pierścieni, trudności w toczeniu według szablonu i dość znaczne koszty.

Na podobnej zasadzie jest oparty system, zapoczątkowany przez firmę Gray i Howlett, który przewiduje nadawanie rozprężonemu pierścieniowi prawidłowego kształtu w specjalnej matrycy. Po wycięciu młotkowanego pierścienia z matrycy i ściśnięciu go do średnicy cylindra, otrzymuje on kształt dokładnie kołowy. Według metody tej wykonywano podczas wojny pierścienie dla silników lotniczych. Jest ona obecnie stosowana przez firmę Wellworthy, Ltd., Lymington,

Hants, wytwarzającą około stu tysięcy pierścieni tygodniowo, w rozmiarach od 50 do 750 mm średnicy.

Pierścienie są wykonywane z odlewów odśrodkowych, z których każdy podlega analizie i próbie twardości. Odlewy przyjęte są układane na dworze, gdzie pozostają na przeciąg przynajmniej czterech tygodni dla sezonowania, w celu usunięcia naprężeń wewnętrznych.

Pierwsza czynność polega na zgrubnym toczeniu odlewów od zewnątrz i od wewnątrz, poczem następuje jednodniowa przerwa przed ostatecznym wykończeniem tych powierzchni zapomocą noży Widia. W dalszym ciągu następuje szlifowanie na szlifierce bezkłowej przy tolerancji wykonania 0,013 mm. Po dłuższym okresie odpoczynku zostają wykonane pomiary obu średnic i owalizacji, poszukuje się braków w materiale i przeprowadza kontrolę grubości ścianki i współosiowości. Po próbach cylinder zostaje pocięty na pojedyncze pierścienie w jednej operacji. Tolerancja wykonania grubości wynosi 0,05 mm. Następną operacją jest wykonanie fazy na wewnętrznych krawędziach pierścienia, umocowanego w uchwycie magnetycznym, zapomocą tarczy szlifierskiej, ustawionej pod kątem do osi pierścienia. Pomiar grubości pierścieni odbywa się zapomocą czujnika. Po szlifowaniu względnie dotarciu usuwa się zadziory na obwodzie pierścieni, dotykając pilnikiem obu zewnętrznych krawędzi pierścienia, wprawionego w szybki ruch obrotowy. Rozcięcie zostaje wykonane specjalnym frezem o grubości równej szerokości rozcięcia (od 0,2 mm wzwyż). Do młotkowania służą matryce, przymocowane do przodu tarcz, zaopatrzone na obwodzie w ślimacznice. Matryca ma od zewnątrz kształt pierścienia rozprężonego, który po ściśnięciu przybierze kształt dokładnie kołowy. Metoda wytwarzania matrycy i młotkowania w niej pierścienia jest przedmiotem patentów.

Tarcza do młotkowania jest napędzana ślimakiem i posiada na obwodzie rowek, którego spód jest mimośrodowy względem osi tarczy. Młotek uderzający pierścieni, jest napędzany zapomocą kułaka i odpowiedniej przekładni, posiadającej urządzenie, stykające się stale ze spodem rowka na obwodzie tarczy. Pod wpływem tego urządzenia intensywność uderzeń jest największa w miejscu przeciwnym do rozcięcia, aby stopniowo zaniknąć wówczas, kiedy młotek znajdzie się nad rozcięciem wykonywanego pierścienia.

Niekiedy stosuje się pierścienie z żeliwa utwardzonego, ogrzewanego do 850°C, studzonego w oleju i odpuszczanego w temperaturze 375°C.

Przed szlifowaniem pierścieni na obwodzie wsuwa się pewną ich ilość do cylindra o średnicy równej średnicy cylindra, w którym mają one pracować, przesuwają się przez nie trzpień i ścisną się je między dwiema płytkami. Po wysunięciu całość jest gotowa do szlifowania.

Przy produkcji pierścieni zwraca się szczególną uwagę na kontrolę, która przewiduje, poza sprawdzeniem wszystkich wymiarów, nakładanie pierścienia na tłok, co pomaga wykryć braki pierścienia. Sprawdziany podlegają kontroli po sprawdzeniu każdego 200 pierścieni. Dopuszczalne tolerancje wynoszą: 0,05—0,15 mm dla rozcięcia; 0,013—0,025 mm dla szerokości i 0,1 mm dla wysokości.

Wszystkie pierścienie są poddawane próbie, polegającej na umieszczeniu pierścienia w sprawdzian hartowanym i szlifowanym od wewnątrz i na oświetleniu go od tyłu. Przedstawianie się światła między pierścieniem a sprawdzianem jest niedopuszczalne.

Pierścieni wadliwych się nie poprawia. (Automob. Engineer, maj, 1932).

J. T.

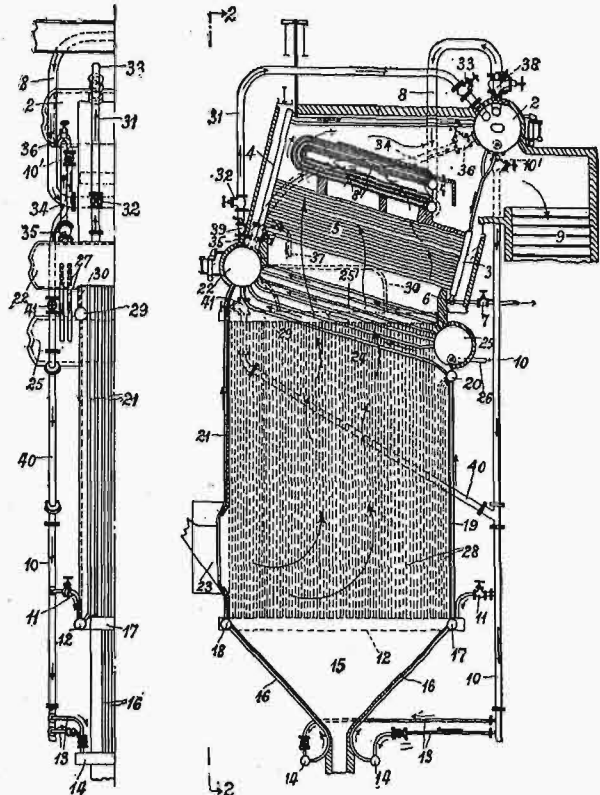
Z literatury patentowej.

Pat. Nr. 15309.

Polskie Zakłady Babcock—Zieleniewski, S.A. (Sosnowiec).

Oplomkowy zespół kotłowy.

Oplomkowy zespół kotłowy, składający się z 2-ech kotłów, z których pierwszy nagrzewany jest przeważnie przez promieniowanie, drugi zaś głównie w drodze konwekcji (unoszenia). Kotły posiadają odrębne poziomy wody, jednakże w czasie pracy normalnej przestrzenie parowe obu kotłów są ze sobą połączone. Kocioł dolny, opromieniowany, składa się głównie z oplomki, chłodzących ściany paleniska, kocioł zaś górny może być budowy dowolnej, np. typu Babcock & Wilcox. Przestrzenie parowe obu kotłów mogą być łączone ze sobą zapomocą przewodu 31 oraz zaworów 32, 33, przestrzenie zaś wodne zapomocą zaworów 35, 36.



Praca zespołu odbywa się w ten sposób, że w czasie rozruchu zawory 35 i 36 są otwarte i masa wody krąży równocześnie przez oba kotły, chłodząc je skutecznie. W czasie ruchu normalnego połączenie przestrzeni wodnych zostaje przerwane i każdy kocioł jest zasilany wodą niezależnie od drugiego, natomiast przestrzenie parowe są wówczas połączone ze sobą, t. j. zawory 32 i 33 są otwarte.

Dzięki takiemu układowi połączeń podczas pracy normalnej, zapewniony jest, z jednej strony, niezamierzony dopływ wody do wszystkich części kotła dolnego, wystawionego na działanie najwyższych temperatur, w którym głównie wytwarza się para, z drugiej zaś strony umożliwiony zostaje swobodny odpływ pary z kotła dolnego do walczaka parowodnego 2, z pominięciem drogi przez sekcje wznosne 4, a więc z najmniejszymi oporami; tą drogą unika się wszelkich zastojów pary przy wysokich obciążeniach.

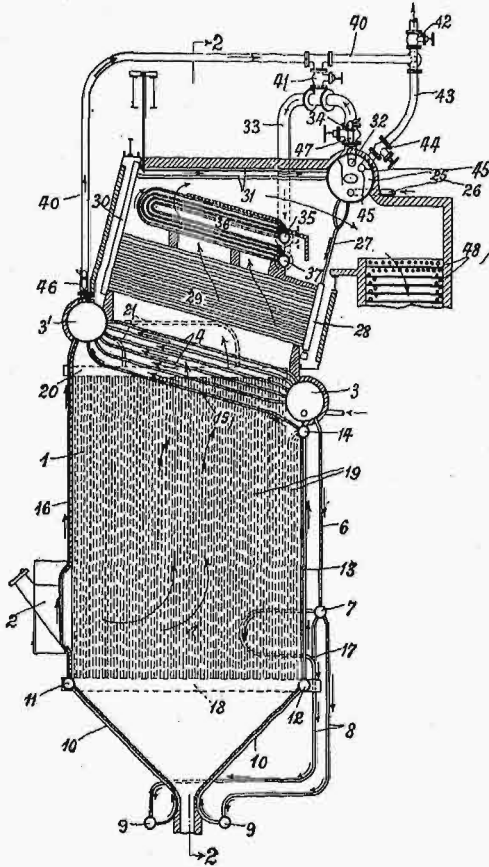
Pat. Nr. 16148.

Polskie Zakłady Babcock—Zieleniewski, S.A. (Sosnowiec).

Zespół kotłowy o komorze paleniskowej, wyłożonej oplomkami.

Ogólny układ zespołu przypomina zespół według pat. Nr. 15309, jednakże dyspozycja połączeń pomiędzy obu kotłami, tworzącymi zespół, jest tu odmienna i ma przede wszystkim na celu zapewnienie należytej ochrony przegrzewacza od przepalenia w okresie rozruchu. Przy rozpaleniu kotła zawory 44 i 47 są zamknięte, zawór 41 nato-

miast jest otwarty. Dzięki temu para, wytworzona w kole dolnym, opromieniowanym, zostaje skierowana bezpośrednio do przegrzewacza 36 z pominięciem zbiornika parowodnego kotła górnego, co zapobiega niedopuszczalnemu wzrostowi temperatury ścianek węzownie przegrzewacza w okresie rozruchu, ponadto zaś nie dopuszcza do wstrząsów, jakie mogłyby powstać w kotle górnym przy zetknięciu się pary z kotła dolnego z masą zimnej jeszcze wody w zbiorniku parowodnym 25 kotła górnego.



Po osiągnięciu normalnego ciśnienia roboczego zawór 41 zostaje zamknięty, otwiera się natomiast zawory 34 i 44. Para, wytworzona w kotle opromieniowanym, dopływa wówczas do zbiornika parowodnego 25 kotła górnego przez rurę naciętą 45, umieszczoną ponad poziomem wody w tym zbiorniku, a stamtąd wraz z parą, powstałą w kotle górnym, — do przegrzewacza i do zbiorczego przewodu parowego.

W ten sposób podczas pracy normalnej przestrzenie parowe obu kotłów są z sobą połączone. Przestrzenie wodne kotłów nie komunikują się z sobą i każdy kocioł jest zasilany wodą niezależnie od drugiego.

Listy do Redakcji.

Potrzeba stworzenia muzeum wodnego.

Potrzeba zapoznania szerszego ogółu z charakterem prac hydrotechnicznych w Polsce, ich obecnym stanem, najbliższymi zadaniami w przyszłości, jak również popularne przedstawienie możliwości wyzyskania naszych wód do celów przemysłowych i turystycznych, powinny — zdaniem mojem — zainteresować odpowiednie czynniki państwowe, zwłaszcza w czasie, gdy się zaczyna mówić o organizacji robót publicznych na szerszą skalę.

Niestety, musimy przyznać, że wiadomości o zasobach naszych sił wodnych, o wykonanych regulacjach rzek, o możliwościach rozwoju turystyki wodnej szlakami istniejących dróg wodnych, poza szczupłą garstką fachowców, są prawie nieznaną. Przyhywający do Polski turyści lub przemysłowcy również nie mogą być często należycie zorientowani w dziedzinie bogactw wodnych Polski, wobec braku takiego informatora, któryby mógł zapoznać ich z całością kształtem zagadnienia w sposób przejrzysty, dla wszystkich dostępny, a jednocześnie dostatecznie ściśły i wszechstronny.

Brak ten należałoby jaknajszybciej usunąć, tworząc stałą wystawę, względnie muzeum wodne, które powinno byłoby objąć nie tylko zobrazowanie stanu istniejącego, lecz również przedstawić plany na przyszłość.

Wyobrażam sobie podobne muzeum, jako zbiór przejrzystych i barwnych wykresów, modeli, fotografii z zakresu:

- 1) regulacji rzek i zabudowanie potoków górskich,
- 2) istniejących zasobów surowych sił wodnych oraz projektowanych lub realizowanych już zakładów wodno-elektrycznych,
- 3) komunikacji wodnej,
- 4) stanu zmeljorowania kraju oraz zadań w tej dziedzinie na przyszłość,
- 5) możliwości turystycznych w okolicach wielkich jezior lub szlaków turystyki wodnej,
- 6) możliwości sportów wodnych na rzekach lub poszczególnych jeziorach.

Przy realizacji muzeum mogłyby być wyzyskane odpowiednie eksponaty byłej Wystawy Krajowej w Poznaniu, obecnie spoczywające bezużytecznie po piwnicach różnych instytucji.

Inż. Wł. Kollis.

Zamieszczając list powyższy, jako wyraz najzupełniej słusznych dążeń, Redakcja zaznacza, że prace w zakresie tworzenia zbiorów muzealnych z działy gospodarki wodnej, w najszerzym tego wyrazu znaczeniu, są już zapoczątkowane przez Muzeum Przemysłu i Techniki, powstające w Warszawie. Ze względu na doniosłość skupiania prac pokrewnych, należałoby działalność, do której nawołuje Autor listu, rozwijać w ramach tego właśnie Muzeum, które obejmuje cały obszar techniki, jednoczy więc wszystkie jej odcinki w jedną wielką organizację centralną. Skupienie prac w jednej takiej organizacji zdaje się być korzystnym zarówno dla tych, którzy chcą pracować nad jej rozwojem, jak i dla rzesz, które ze zbiorów chętałyby korzystać.

Redakcja.

Kronika

Otwarcie ruchu na kolei Śląsk — Gdynia.

Dnia 1 marca r. b. w kolejnictwie polskim nastąpiło doniosłe zdarzenie, mianowicie w dniu tym rozpoczęto eksploatację nowozbudowanej linii kolejowej Herby Nowe — Gdynia, łączącej Śląsk z Bałtykiem najkrótszą możliwą drogą. Doniosłości nowej arterji komunikacyjnej nie potrzebujemy tu dowodzić, gdyż wielokrotnie z różnych stron ją omówiono i technicy ją dobrze rozumieją. Zaznaczyć więc jeno wypada, że eksploatację tymczasową tej kolei rozpoczęły PKP, zamiast T-wa Francusko-Polskiego (które zbudowało środkowy odcinek linii i wykończyło północny), gdyż T-wo to nie mogło zrealizować swych zobowiązań finansowych (emisji 2-giej transzy obligacyj na rynku francuskim). W porozumieniu więc z Tow. przystąpiły PKP do eksploatacji tymczasowej, w przewidywaniu, że po pewnym czasie przejdzie ona do T-wa.

Ażeby jednak mogła być prowadzona eksploatacja tymczasowa, Towarzystwo zobowiązało się wykonać do końca r. b. wszystkie roboty dodatkowe, jakich normalne funkcjonowanie linii wymaga, a nadto zakupić od PKP tabor, potrzebny do eksploatacji. Koszt robót dodatkowych określono na 11,5 milj. fr. fr., zaś koszt lokomotyw — na 11,25 milj. fr. fr. Prócz tego T-wo wpłaca PKP kwotę 3,5 milj. fr. na fundusz obrotowy, zwrotny z chwilą przejścia eksploatacji od kolei polskich.

Sprostowania.

W artykule p. inż. Wł. Szczypiorskiego p. t. „Próby regulacji rz. Orzycy przy pomocy dynamitu”, zamieszczonym w zes. 2 z r. b., na str. 41, w 7 wierszu od góry lewego łamu zamiast „o wydajności 1 m³/godz.” powinno być „o wydajności 15 m³/godz.”.

W art. p. prof. Stefana Bryły p. t.: „Wpływ kierunku siły na dowolną wielkość mechaniczną”, Przegląd Techniczny 1933, Nr. 2, wkradły się następujące błędy:

str. 36, łam 2	wiersz 9	od góry	zamiast ED	ma być FD
„	5	od dołu	„	gdz „ „
str. 37, łam 2	„	6	od dołu	„
„	„	„	„	3
str. 39, łam 1	„	23	od góry	„
„	„	„	„	1
„	„	„	„	1